UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL — FACULTÉ DES SCIENCES

DISTRIBUTION DE LA RADIOACTIVITÉ EN SUISSE

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ
DE NEUCHATEL
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Roger PAYOT
licencié ès sciences mathématiques

GENÈVE
IMPRIMERIE KUNDIG
1953

DISTRIBUTION DE LA RADIOACTIVITÉ EN SUISSE

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ
DE NEUCHATEL
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Roger PAYOT

licencié ès sciences mathématiques

Extrait des *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève.*
Volume 42, Fascicule 3, janvier 1953.

La Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel, sur le rapport de MM. les professeurs A. Jaquerod, E. Wegmann et J. Rossel, autorise l'impression de la présente thèse intitulée

Distribution de la radioactivité en Suisse

sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont contenues.

Neuchâtel, le 29 novembre 1952.

Le Doyen :

E. Guyot.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Ce travail a été exécuté de 1946 à 1952 à l'Institut de Physique de l'Université de Neuchâtel, sous la direction de M. le professeur Adrien Jaquerod qui a participé à la prospection et aux mesures en m'accompagnant souvent sur le terrain. Je lui présente l'expression de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt bienveillant qu'il a porté à ces recherches et les précieux conseils qu'il a bien voulu me donner.

Je remercie également M. J.-P. Wagner, technicien-mécanicien à l'Institut de Physique, pour le soin et la compétence avec lesquels il a construit une grande partie de mes appareils.

Neuchâtel, 29 novembre 1952.

Roger PAYOT.

RÉSUMÉ

A l'aide d'un dispositif expérimental connu et décrit dans ce travail, nous avons effectué une prospection générale et rapide de la radioactivité en Suisse, pour répondre aux vœux de la « Commission suisse pour l'étude de l'énergie atomique » qui s'intéressait aux gisements éventuels d'Uranium de notre pays.

Nous avons choisi la technique de l'analyse des sources qui, à notre avis, est la seule capable de donner une vue d'ensemble sur la répartition de la radioactivité dans une région donnée.

Les résultats acquis montrent que la radioactivité est faible en Suisse et qu'on n'y trouvera probablement jamais de gisement tant soit peu important d'Uranium. Nous avons découvert des zones de radioactivité maximum qui se prolongent dans les pays voisins. Les roches intéressantes sont les schistes bitumineux du Lias et du Trias, les granits et les gneiss.

AVANT-PROPOS

Le présent travail a été effectué à la suite d'une demande de la Commission suisse pour l'étude de l'énergie atomique.

Il s'agissait de rechercher, dans notre pays, la présence de gisements d'Uranium éventuellement susceptibles d'exploitation. La prospection devait être faite par un procédé rapide et suffisamment sûr pour permettre de déceler, sans omission, l'existence de minerai en quantité appréciable. Nous pensons avoir répondu à la question posée.

Cette recherche a été financée entièrement par la Commission suisse mentionnée ci-dessus à laquelle nous adressons nos vifs remerciements.

Pour mener à bien une prospection de ce genre il était nécessaire d'obtenir la collaboration de géologues. Nous sommes heureux d'exprimer notre bien sincère gratitude aux personnes suivantes dont les conseils et les directives nous ont été du plus grand secours:

En première ligne au professeur Wegmann, directeur de l'Institut de géologie à Neuchâtel, qui fut notre principal conseiller pour les questions touchant à son domaine; son collègue, le professeur Lagotala, et son ancien assistant, M. J.-P. Portmann, nous ont rendu également de précieux services.

Notre reconnaissance va encore au D[r] Kelterborn, qui nous a guidé dans le Jura bernois; aux professeurs Peyer et Giugni ainsi qu'aux D[rs] Hirschi et Bodmer dans le Tessin; au D[r] J. Hübscher dans le Jura schaffhousois; au D[r] Freuler dans le Murgtal; au D[r] Hügi dans les Grisons; au professeur Rutsch dans le pays molassique; au professeur Huttenlocher dans les Alpes bernoises; enfin, au professeur Dal Piaz, de l'Université de Padoue, qui nous a transmis une intéressante documentation sur les sources italiennes.

Nous devons à l'amabilité des autorités militaires les opuscules édités par les soins du médecin en chef de l'armée, qui concernent les sources suisses, leurs diverses propriétés et leur origine géologique.

La direction des C.F.F. a mis très aimablement à notre disposition le personnel et le matériel nécessaire à la prise d'échantillons d'eaux dans les tunnels du Gothard et du Lötschberg. Nous regrettons de n'avoir pas eu les mêmes facilités dans la partie suisse du tunnel du Simplon.

Le D[r] Hirschi, d'Erlen, spécialiste des questions relatives à la radioactivité des sources et du sol en Suisse, nous a accordé plusieurs entrevues, et communiqué certains résultats inédits de ses propres déterminations. Le professeur Huber, de Bâle, nous a fourni les compteurs Geiger-Müller nécessaires à certaines mesures; nous devons au professeur Gassmann, de Zurich, l'électromètre transportable Utz-Hirschi; et au professeur J. Rossel, de Neuchâtel, la suggestion de certaines modifications à nos installations électroniques.

A tous nous adressons nos sincères remerciements.

Pour terminer, nous tenons à marquer spécialement notre reconnaissance au Comité de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève qui, non seulement a accueilli très aimablement notre demande de publication, mais encore a bien voulu honorer notre travail d'une faveur spéciale en le faisant paraître dans un numéro de ses «Mémoires».

INTRODUCTION

Pour répondre à la question posée par la Commission suisse pour l'étude de l'énergie atomique, nous avions naturellement songé tout d'abord à mesurer la radioactivité des roches, et, comme on le verra, un certain nombre de déterminations de ce genre ont été faites. L'Université de Bâle ayant mis au point une méthode d'analyse de l'Uranium dans les roches, basée sur l'examen de la fluorescence, et s'étant par la suite spécialisée dans ce genre de travail [51; 60] [1], nous avons été amenés à abandonner cette voie. D'autre part, nous nous sommes rendu compte que l'analyse d'un échantillon de roche ne donne une indication valable que pour un point du terrain ou de la couche géologique; l'établissement de moyennes demande donc un nombre considérable d'analyses.

Par contre, l'analyse des sources permet d'obtenir, avec le moins de temps et de frais possible, une vue d'ensemble sur la répartition de la radioactivité d'une région ou d'un pays. En analysant l'eau d'une source, en effet, on a d'un seul coup des renseignements précieux sur tout le bassin d'alimentation de cette source, même sur ce qui se passe en profondeur. On sait que dans les régions où existent des gisements importants d'Uranium, les sources montrent une forte teneur en Radon. L'incertitude provenant du parcours inconnu des eaux en profondeur s'atténue lorsqu'on considère un nombre important de sources. L'analyse des eaux représentera, en conséquence, la partie la plus importante du présent travail.

Tous les auteurs s'accordent pour relever les variations souvent très fortes de l'activité d'une source en fonction du temps. Un facteur 2 est assez fréquent. Ces fluctuations proviennent des précipitations, de la température, du débit, du chemin parcouru par les eaux, etc. [12, p. 83; 41, p. 69-79; 52, p. 421-432]. Toutes ces influences varient d'une source à l'autre et ne peuvent pas s'exprimer par une loi simple [41, p. 69-79].

Pour cette raison, nous avons jugé qu'une précision de $\pm$ 10% était suffisante.

Nous avons analysé près de 600 sources et utilisé les résultats déjà acquis par: Arragon, Gockel, Hirschi, Hügi, Husemann, Huttenlocher, Nussberger, Perret et Jaquerod, Planta et Treadwell [12; 16; 17; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 34; 52; 59].

Dans les eaux particulièrement actives, nous avons cherché à déceler si des sels de Radium se trouvaient en solution. Comme il fallait s'y attendre, vu les résultats antérieurs obtenus par divers auteurs, cette étude a révélé que le cas se présente très rarement et toujours pour des quantités très faibles [8, p. 491; 52, p. 432].

Tous nos résultats, ainsi que ceux trouvés dans la bibliographie, ont été reportés sur deux cartes intitulées « Radioactivité des sources de la Suisse » et « Radioactivité des sources de la Suisse et des régions limitrophes ». Ces cartes font nettement ressortir, d'une part, les grandes zones de radioactivité en Suisse et, d'autre part, la relation existant entre l'activité décelée en Suisse et celle existant dans les pays voisins.

Quelques analyses d'air et de gaz complètent notre travail. Nous avons étudié les gaz du lac Majeur, ceux s'échappant de la « flamme » de Cuarny et l'air prélevé dans les anfractuosités de roches intéressantes.

---

[1] Les numéros entre [ ] se rapportent à la bibliographie qui se trouve à la fin de ce mémoire.

CHAPITRE PREMIER

POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

Ce travail ne sort pas du cadre de la géophysique. Néanmoins, nous croyons nécessaire d'introduire la question géologique en reproduisant les renseignements que nous avons trouvés nous-mêmes, ou qui nous ont été aimablement communiqués.

La grande sensibilité des méthodes actuelles permet de dire que toutes les roches contiennent des traces, généralement minimes, de matières radioactives, dont le poids par gramme de roche est de l'ordre de 10^{-12} g de Radium, 10^{-6} g d'Uranium et 10^{-5} g de Thorium, la teneur en Uranium se déduisant de celle en Radium par le rapport: $\frac{U}{Ra} = 2{,}94 \times 10^6$ [42, p. 223]. Les roches éruptives acides sont plus radioactives que les roches éruptives basiques ou les roches sédimentaires [55, p. 632]. On admet aujourd'hui, d'après les données des auteurs les plus compétents, les teneurs moyennes suivantes par gramme de roche:

	Ra en g
Roches ultrabasiques	$0{,}01 \times 10^{-12}$
» basiques	0,6 »
» intermédiaires	0,9 »
» granitiques	1,4 »
Grès	0,7 »
Schistes	1,1 »
Calcaires	0,4 »
Sables quartzeux et calcaires	0,1 »
Pétroles bruts	0,02 »

Les études faites jusqu'ici montrent que les sources contiennent toujours une quantité souvent très petite de Radon dissous, mais, à peu d'exceptions près, point de Radium. L'émanation étant ainsi rarement en équilibre radioactif avec le Radium dissous, l'excès se dégage à l'air libre et se détruit avec le temps. L'eau se charge de Radon au contact des terrains qu'elle traverse avant de sourdre. Elle peut aussi contenir l'émanation du Thorium que nous n'avions pas à analyser, et dont la mesure présente d'ailleurs quelques difficultés pratiques en raison de la courte période de ce gaz (55 sec.).

Les résultats obtenus pécheront par défaut pour les raisons suivantes:

1) l'eau peut s'être chargée de Radon dans des terrains très éloignés de l'endroit où elle sort;
2) elle peut, durant son parcours, se mêler à des eaux plus faiblement actives;
3) dans un terrain radioactif, l'eau qui coule lentement dans des canaux étroits se charge davantage que celle qui coule rapidement;
4) la solubilité du Radon diminuant à température croissante, les eaux thermales sont relativement moins radioactives que les sources froides.

Les eaux de sources contiennent d'autres gaz en dissolution: gaz carbonique, azote, oxygène, hydrogène sulfuré et les gaz rares, en particulier l'hélium qui doit être en relation

avec les substances radioactives situées en profondeur. Cependant, certaines mesures faites jusqu'ici paraissent prouver que le débit d'hélium est sans relation avec l'activité de la source [8, p. 489; 9, p. 42; 55, p. 770]. Certains de ces gaz sont d'origine juvénile; d'autres, au contraire, notamment l'azote et l'argon, décèlent l'origine météorique de l'eau.

Il est difficile, en général, de savoir de quels terrains proviennent les eaux analysées à la surface. Il y a peu de temps qu'on a décidé d'étudier toutes les sources (non seulement minérales et thermales) d'une même région. Cela facilitera les recherches. De tels travaux ont été entrepris par Perret et Jaquerod [52] et Mache [41]. Ce dernier analysa un grand nombre de sources en Autriche en s'intéressant particulièrement à celles qui, fortement actives (Badgastein), ne traversent cependant pas de gisements d'Urane, mais des terrains granitiques riches en quartz. Il classe les sources étudiées en trois catégories suivant le moment où l'eau se charge d'émanation:

a) quand elle s'infiltre dans le terrain;
b) quand, parcourant un long chemin souterrain, elle passe sur des roches riches en feldspaths;
c) quand elle sort du terrain au travers de boues radioactives superficielles.

Il tire de ce classement et de quelques expériences de laboratoire, des remarques sur les relations éventuelles entre la teneur des sources en émanation, d'une part, et la teneur en sels de Radium dissous, la température, le débit, l'enrichissement de l'eau durant son parcours et la radioactivité de la roche traversée, d'autre part.

Ses conclusions confirment celles de Bamberger et Krüse [33], en Autriche. Les sources les plus radioactives sourdent de terrains granitiques (Augengneiss et Granitgneiss). Il en est de même en Suisse où les travaux de Perret et Jaquerod [52], Hirschi [16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 25], Joly [28], v. d. Borne [5], révèlent une notable « activité » en s'approchant du sous-sol granitique.

Le professeur Wegmann, s'inspirant des méthodes de prospection américaines, suédoises et russes, nous conseilla de pousser les recherches dans les schistes bitumineux (par exemple ceux des couches supérieures du Lias et ceux du Trias au sud des Alpes), car ces roches se sont souvent enrichies en Uranium [55, p. 637].

Nous avons étudié les bitumes de la mine de la Presta, au *Val de Travers* [56], ainsi que les gisements bitumineux du *Pied du Jura vaudois* [36] et de la vallée de l'*Aar* (Aaretränke près de Fulenbach) [32].

Nous avons prospecté la région du *Mont-Terri*, dans le Jura bernois, où se trouvent des schistes bitumineux du Lias supérieur [30; 31; 56, p. 44-54].

Le *Jura schaffhousois* au sud-ouest du Randen, que nous avons parcouru sous la conduite des géologues J. Hübscher, de Neuhausen, et J. P. Portmann, de Neuchâtel, est aussi caractérisé par des affleurements de schistes et calcaires bitumineux du Lias supérieur [53, p. 11-12].

Au *Tessin*, le professeur Wegmann nous a dirigés vers les affleurements de schistes bitumineux du Trias, au *San Giorgio* [53, p. 3-7; 56, p. 54-65], à *Sant'Evasio*, près d'Arogno [56, p. 65-72], à l'*Alpe Giggio* (Val Morobbia) [53, p. 10] et ceux situés en profondeur sous la plaine de *Magadino* et sous le lac Majeur près de cette localité [53, p. 8-9; 56, p. 85-87]. Dans cette dernière région, l'analyse des gaz qui se dégagent du lac et des marais a révélé leur radioactivité, fait qui permettra peut-être de trancher la question controversée de leur origine (voir p. 310).

Les substances bitumineuses et les pétroles contiennent des éléments radioactifs. Rankama et Sahama [55, p. 354] disent en effet que le pétrole est généralement considéré comme un produit de décomposition de substances organiques se trouvant dans les sédiments sapropéliens. Grâce à sa solubilité relativement grande, le Radon reste absorbé dans les pétroles naturels [8, p. 490; 55, p. 637]. Nous n'avons pas manqué de prospecter les régions intéressantes en Suisse: *Genève* (grès bitumineux de la Molasse), *Orbe*, *Yverdon* et *Cuarny*, en suivant les directives du professeur Lagotala [35; 36; 37; 38].

Les mesures de radioactivité relevées en Suisse et dans les contrées voisines ont prouvé, nous l'avons dit, que les roches granitiques présentent une activité appréciable, notamment leurs émissaires pegmatitiques; toutes les pegmatites ne sont pas radioactives, mais cependant certaines d'entre elles révèlent un assez fort enrichissement d'« activité » [16; 17]. Au *Tessin*, les recherches ont porté sur les zones pegmatitiques qui vont de *Brissago* à *Bellinzone* en se prolongeant dans le *Bergell* [23; 44]. Nous avons prospecté la région de *Brissago* [54], *Locarno* [4; 22], *Bellinzone*, le *Val Forno* [18]; d'autre part, les granits hercyniens du *Haut-Valais*, du *Gothard* et des *Grisons* [16, 17, 19, 20, 21] ont retenu notre attention.

Citons, pour terminer, quelques régions qui nous avaient été signalées comme spécialement intéressantes, espérance qui ne s'est pas réalisée:

1. La région du *Calanda* (plus particulièrement la vallée de la *Tamina*), partie la plus orientale du massif de l'Aar.
2. Le *Murgtal*, où l'on avait trouvé des roches radioactives dans le Verrucano. Cette région a été prospectée en suivant les conseils des professeurs Wegmann, et Freuler de Glaris [11].
3. La vallée de *Binn* [26], bien connue des minéralogistes.

Pour prospecter transversalement la zone molassique, nous avons suivi approximativement le *cours de l'Aar*. Les renseignements sur cette région nous ont été aimablement donnés par le professeur Rutsch, de Berne.

CHAPITRE II

MÉTHODES ET APPAREILLAGES

1. RADIOACTIVITÉ DES SOURCES

Prélèvement des eaux

Toutes les analyses portent sur des échantillons d'un litre d'eau. Pour assurer l'homogénéité des résultats, nous avons eu soin de prélever les eaux d'une façon uniforme. Nous avons, en général, plongé la bouteille d'un litre dans l'eau. Cette méthode a le désavantage de provoquer un mélange avec l'air, donc une perte d'émanation. Il faudrait normalement faire le vide dans la bouteille. L'erreur commise est inférieure à 10% [52, p. 279] et nous n'avons pas jugé utile d'en tenir compte, du fait surtout que le griffon de la source n'est pas toujours accessible. Le captage des eaux varie souvent d'une commune à l'autre, et dans plusieurs cas il n'existe pas de chambre de captage. Nous avons alors dû nous contenter de prendre l'échantillon à l'arrivée dans la chambre d'accumulation, voire dans le réservoir lui-même où l'eau séjourne exposée à l'air.

Dans certaines régions, aux Grisons en particulier, le temps dont nous disposions étant limité, nous avons souvent prélevé l'eau au goulot d'une fontaine pour éviter les marches de plusieurs heures nécessaires pour atteindre chaque source, sans parler des difficultés rencontrées pour se procurer les clés des captages et réservoirs. Nous signalerons ces cas dans la discussion des résultats.

a) *Méthode du Compteur de Geiger-Müller*

Tout d'abord, nous avions naturellement pensé à utiliser une méthode électronique pour l'analyse des sources, car nous disposions d'un équipement complet que nous décrirons plus loin, à propos de l'étude des roches.

Après avoir mesuré l'effet zéro d'un compteur de Geiger placé dans l'axe d'un cylindre étanche (30 impulsions à la minute), nous recueillions dans ce récipient le Radon contenu dans l'échantillon d'eau. Il suffisait alors de procéder à un nouveau comptage d'impulsions et la différence eût été proportionnelle à la teneur en émanation. Cette valeur aurait été comparée à celle obtenue dans les mêmes conditions avec une solution titrée de Radium d'un litre.

Le Radon n'émettant que des particules α, dont le parcours dans l'aluminium est de l'ordre de 30 microns [8, p. 220] et nos compteurs étant construits pour des rayonnements plus pénétrants (parois de 0,1 mm d'épaisseur), nous ne pouvions nous attendre qu'à un très faible effet dû seulement aux rayonnements β et γ des dérivés à courte vie du Radon (Ra B et Ra C).

Quelques essais tentés dans cette direction ont montré que, sans des compteurs de dimensions considérables, les résultats ne pouvaient être satisfaisants. La méthode a été abandonnée.

b) *Méthode électrométrique*

Nous nous référons aux travaux de Gockel [12], Perret et Jaquerod [52], Hirschi [23], Kruse [33] et Israël [27] pour éviter de rappeler les détails de la méthode connue de la mesure de l'émanation de Radium au moyen de l'électromètre.

Nous comparons les vitesses de chute de l'électromètre au lieu des courants d'ionisation puisque ces quantités sont proportionnelles (nous avons vérifié que la courbe du voltage en fonction de la position de l'aiguille de l'électromètre est une droite).

Après avoir fait le vide dans la chambre d'ionisation, on aspire l'air extérieur que l'on fait barboter dans le liquide à analyser et que l'on sèche sur du gel de silice, préalablement nettoyé de toutes traces de Radon. Pour assurer l'équilibre de la répartition du Radon entre l'eau et l'air, on fait circuler ce dernier, pendant cinq minutes, de la chambre d'ionisation dans l'eau et retour, à l'aide d'une poire de caoutchouc. On charge l'appareil avec une batterie sèche de 800 V, facilement transportable et construite dans ce but par Leclanché S.A.

Toutes les mesures sont rapportées à celles faites avec des solutions titrées de Ra d'un litre obtenues par dissolution totale dans l'acide nitrique de pechblende du Katanga. Cette roche est en équilibre radioactif. L'analyse a donné sa teneur en Uranium et par conséquent en Radium. L'étalonnage des appareils à l'aide de ces solutions s'est fait rigoureusement de la même façon que lors de l'analyse des sources.

Nous avons construit la courbe d'étalonnage, point par point, à l'aide de la solution de 1 mache ($3{,}64 \times 10^{-10}$ curie/litre). Toutes les mesures ramenées à cette courbe (fig. 1)

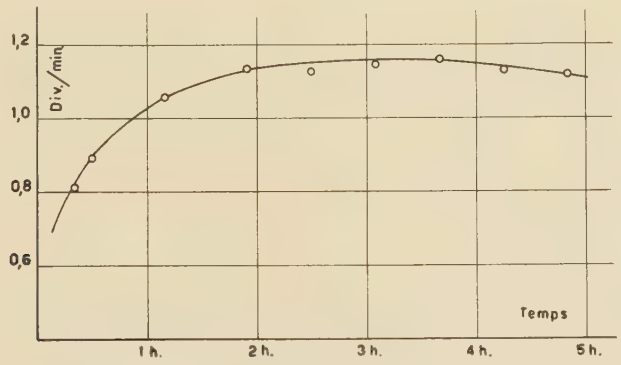


Fig. 1.

Courbe d'étalonnage de l'électromètre à feuille d'aluminium construite point par point à l'aide de la solution titrée de $3{,}64 \times 10^{-10}$ curie/litre.

ont été faites en utilisant les mêmes appareils (tuyaux, poires de caoutchouc, raccords, tubes de verre) et en suivant scrupuleusement la même méthode pour l'introduction de l'émanation de Radium dans la chambre d'ionisation. Nous évitions ainsi de faire intervenir dans nos calculs des constantes comme la capacité, le volume, la surface de l'électromètre et le volume des tuyaux, raccords et pompes.

En désignant par:

D_1: la vitesse de chute de l'aiguille de l'électromètre pour la solution étalon
D_2: » » de l'aiguille de l'électromètre pour la solution à analyser
d_1: la perte à vide de l'électromètre avant l'étalonnage
d_2: » » » » la mesure

$$q_2 = \frac{D_2 - d_2}{D_1 - d_1} \cdot q_1 \cdot \frac{1}{e^{-\lambda t}}$$

donne la teneur en émanation pour l'échantillon d'un litre au moment où il a été prélevé si:

$$q_1 = 3{,}64 \times 10^{-10} \text{ curie/litre}$$

est la valeur de l'étalon de comparaison.

Le facteur $e^{-\lambda t}$ tiré de la loi bien connue de décroissance du Radon:

$$q = q_0 \times e^{-\lambda t}$$

permet de connaître la quantité d'émanation au moment où l'eau a été prélevée. Ce facteur est donné heure par heure, pour un mois, dans l'ouvrage de M^{me} Curie [8, p. 547]. Nous avons interpolé linéairement entre ces valeurs.

La vitesse de chute (courant de saturation obtenu dans la chambre) en fonction du temps est une courbe qui croît d'abord rapidement pendant 30 à 40 minutes, puis plus lentement pour atteindre un maximum environ trois heures après l'introduction de l'émanation. Elle décroît ensuite exponentiellement avec une période de 3,823 jours. Le courant initial est dû aux rayons α émis par le Radon. L'accroissement, durant les trois premières heures, provient de la formation progressive du dépôt actif qui intervient par son rayonnement α et aussi par les rayonnements β et γ. Une relation de proportionnalité (équilibre radioactif) s'établit, peu après, entre les constituants du dépôt actif et le Radon.

Appareillage.

Nous avons utilisé deux appareils: un électromètre à feuille d'aluminium prolongée par un mince fil de verre de quartz, du type de celui qu'employait Perret-Jaquerod [52, p. 282], à la différence près que la chambre d'ionisation de notre appareil contient la feuille d'aluminium et son support. La manutention de l'instrument est, pour cette raison, plus délicate mais sa construction plus simple assure une plus grande homogénéité dans les mesures. Il est monté d'une façon très stable dans le laboratoire. La division 100 correspond à 625 V et une division vaut 1,7 V.

L'autre appareil, du type Utz-Hirschi, a l'avantage d'être transportable; il est par contre moins précis car le déplacement de l'appareil entraîne souvent des perturbations dans la perte à vide. La chambre d'ionisation, sphérique et démontable, est reliée à l'électromètre par un petit ressort. L'électrode est isolée à l'ambre. La chambre d'ionisation des deux appareils est munie de deux robinets, l'un en haut, l'autre en bas, facilitant une bonne circulation de l'émanation. La sensibilité des deux instruments permet de déceler moins de $0{,}1 \times 10^{-10}$ curie/litre. Rappelons que l'unité dite « eman » est précisément de 10^{-10} curie/litre de Radon.

Manipulation.

Pour chaque appareil, nous mesurons la quantité d'émanation de Radium contenue dans un litre d'eau. Avant et après chaque mesure, nous vérifions la perte à vide de l'appareil, qui est de l'ordre de 0,01 à 0,02 division par minute, pour déceler d'éventuelles fluctuations. Elle est d'ailleurs souvent négligeable vis-à-vis de D_2 valant déjà 1,0 division par minute pour $3{,}64 \times 10^{-10}$ curie/litre, 40 minutes après l'introduction de l'émanation. Après chaque mesure, l'appareil est purgé par un courant d'air séché sur du gel de silice (purgé lui aussi). Le dépôt actif a pratiquement disparu une heure après une mesure de 10^{-10} curie/litre. Il faut, en revanche, attendre une demi-journée après une analyse de 10^{-9} curie/litre.

Pour obtenir rapidement un résultat précis, on mesure la vitesse de chute de l'électromètre entre 40 et 60 minutes après l'introduction de l'émanation. On fait une lecture toutes les 5 minutes et on prend la moyenne en admettant que la fonction est linéaire

entre les instants t_1 et t_2. Répétant la mesure deux ou trois fois, à 15 minutes d'intervalle, on calcule une moyenne des résultats obtenus dès que la teneur dépasse 10 unités.

Exemple:

Faisons le calcul complet pour l'échantillon n° 561 prélevé à la fontaine de la gare de Faido le 16 août 1949 à 8 h. 05. La mesure faite en laboratoire le 23 août [1] avec l'électromètre à feuille d'aluminium donne:

1) *Perte à vide*

Heure	Différence	Lecture Echelle Electromètre	Chute de l'aiguille	Vitesse de chute divisions/min.
10 h. 20		74,5		
10 h. 30	10	74,2	0,3	0,03
10 h. 40	10	73,9	0,3	0,03
10 h. 50	10	73,7	0,2	0,02

2) *Mesure de l'Emanation*

Heure	Différence	Lecture Echelle Electromètre	Chute de l'aiguille	Vitesse de chute divisions/min.
10 h. 51	Introduction de l'Emanation dans l'électromètre			
10 h. 55	Barbotage de l'air (90 coups de soufflerie)			
11 h. 00	Fin de la manipulation			
11 h. 05		58,5		
11 h. 12	7	42,3	16,2	2,31
11 h. 14	chargé l'électromètre			
11 h. 15		87,9		
11 h. 20	5	76,1	11,8	2,36
11 h. 24	4	66,9	9,2	2,30
11 h. 26	chargé l'électromètre			
11 h. 30		89,2		
11 h. 40	10	64,2	25,0	2,50
11 h. 41	chargé l'électromètre			
11 h. 45		88,1		
11 h. 55	10	62,0	26,1	2,61
11 h. 56	chargé l'électromètre			
12 h. 00		84,9		
12 h. 10	10	57,0	27,9	2,79

3) *Calcul*

Apliquons la formule

$$q_2 = \frac{D_2 - d_2}{D_1 - d_1} \cdot q_1$$

[1] La durée de *sept jours* écoulée entre la prise d'eau et la mesure de l'activité est tout à fait exceptionnelle; elle ne dépassait pas, en général, 1 à 3 jours.

où $D_2 - d_2$ est donné par la mesure, q_1 est la teneur de l'étalon ($3{,}64 \times 10^{-10}$ curie/litre) et $D_1 - d_1$ est lu sur la courbe d'étalonnage (fig. 1):

$$\text{à 11 h. 35:} \quad q_2 = \frac{2{,}50 - 0{,}02}{0{,}950} \cdot 3{,}64 = 9{,}5$$

$$\text{à 11 h. 50:} \quad q_2 = \frac{2{,}61 - 0{,}02}{1{,}005} \cdot 3{,}64 = 9{,}4$$

$$\text{à 12 h. 05:} \quad q_2 = \frac{2{,}79 - 0{,}02}{1{,}050} \cdot 3{,}64 = 9{,}6$$

$$q_2 \text{ moyen} = 9{,}5.$$

Il s'est écoulé 7 jours, 2 heures et 45 minutes entre l'instant où l'eau a été prélevée et le début de la mesure; $e^{-\lambda t}$ vaut 0,275 [8, p. 547]. On peut donc ramener la valeur moyenne trouvée à ce qu'elle aurait été au moment du prélèvement de l'échantillon:

$$q_2 = \frac{9{,}5}{0{,}275} = 35 \times 10^{-10} \text{ curie/litre.}$$

Etalonnage.

La courbe d'étalonnage (fig. 1) a été construite, point par point, à l'aide de la solution étalon de $3{,}64 \times 10^{-10}$ curie/litre, elle-même vérifiée à l'aide de sept autres solutions valant respectivement 100; 73; 36,4; 10; 5; 2 et 1×10^{-10} curie/litre.

Cette mesure faite en 1946 a été reprise en 1947, 1948 et 1949. Les écarts avec la première courbe n'ont jamais dépassé 5%.

En 1947, nous avons préparé une nouvelle solution de $6{,}86 \times 10^{-10}$ curie/litre à partir d'une des solutions primitives (pechblende du Katanga) contenue dans un tube scellé et titrée à $3{,}43 \times 10^{-10}$ g Ra/cm³. L'analyse faite en 1949 a donné $6{,}6 \times 10^{-10}$ curie/litre, soit une différence de 4%.

En 1946 enfin, M. Renaud, chimiste au L.S.R.H., que nous remercions de sa collaboration, dissout une pechblende du Canada à 50% d'Uranium, avec laquelle on prépare une solution à 10^{-9} curie/litre. L'analyse faite en 1949 donne $1{,}04 \times 10^{-9}$ curie/litre, soit un écart de 4% de nouveau.

Comme nous avons utilisé deux appareils, nous avons vérifié leur fonctionnement et leur courbe d'étalonnage en reprenant l'analyse d'une même source (échantillons prélevés en même temps) avec l'un ou l'autre des deux électromètres. Ce contrôle a donné les résultats suivants:

N° de la source	Electromètre à feuille d'aluminium		Electromètre Utz-Hirschi
224	8,2	8,0	
182	68	69	
414	19	18	
434	0,4		0,4
562	22		21
419	9,6		9,2
203	22	23	23

Sels en solution.

Pour chaque source intéressante, nous avons recherché les sels de Radium en solution en procédant à une nouvelle mesure effectuée après un repos de l'échantillon d'un mois au minimum. Cette période d'attente (durant laquelle la bouteille est maintenue soigneusement bouchée) produit en effet:

1) l'équilibre radioactif du Radium éventuel en solution avec le Radon;

2) la destruction du 99,6 % du Radon dissous au moment du prélèvement de l'échantillon d'eau. Si T = 3,823 j., il reste:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{30}{3,823}} \cdot 100 = 0,4\,\%$$

2. RADIOACTIVITÉ DES ROCHES

L'analyse des roches n'a pas été poussée très à fond, pour les raisons exposées dans l'introduction.

Nous avons analysé une centaine de roches (principalement des pegmatites et des schistes bitumineux) prélevées, pour la plupart, dans les régions où les sources indiquaient une certaine radioactivité. Nous avons toujours creusé à une profondeur de 20 cm au minimum pour éliminer les éléments altérés par les eaux superficielles. Deux méthodes furent étudiées: l'une basée sur la mesure de l'ionisation et l'autre utilisant un compteur de Geiger-Müller. Nous mesurions, dans les deux cas, l'activité totale due aux familles de l'Uranium et du Thorium.

a) *Méthode de la chambre d'ionisation*

Nous escomptions de bons résultats et une excellente moyenne par échantillon, l'appareil nous permettant d'analyser 12 kg de roche. Les autres méthodes connues ne portent, en général, que sur quelques centaines de grammes au maximum et, de ce fait, ne donnent pas une aussi bonne moyenne de la teneur de la roche étudiée. L'appareil se composait d'une bombe en avional à paroi de 2,8 mm d'épaisseur prévue pour supporter une pression de 12 atmosphères. Une électrode axiale en aluminium était soigneusement isolée à l'ambre. La roche pulvérisée, introduite dans un cylindre extérieur coaxial au cylindre d'aluminium, manifestait son activité par les rayons γ principalement, les rayonnements α et β étant arrêtés par la paroi du cylindre d'aluminium (voir p. 268).

En remplissant la chambre d'ionisation d'azote à la pression de 8 atmosphères, nous aurions obtenu le courant de saturation pour un voltage plus faible que dans l'air, à ionisation égale. Des conducteurs courts passant dans des tubes de laiton mis à la terre et remplis de soufre reliaient l'électrode centrale à un électromètre à cadrans « Dolezalek » très sensible. Une cage de Faraday enveloppait tout l'appareillage à l'exception de l'électromètre.

Les essais ont montré des difficultés pour trouver un compromis entre le rendement et les conditions de saturation. De plus, d'autres difficultés de nature expérimentale nous ont obligé finalement à abandonner cette méthode; nous nous sommes rendu compte que la méthode du compteur exposée plus bas devait lui être préférée, comme présentant une plus grande sensibilité et plus de simplicité de réalisation.

b) *Méthode du compteur de Geiger-Müller*

Nous utilisons un compteur enregistrant les rayonnements β et γ. Il est placé dans un cylindre d'aluminium. Le tout occupe l'axe d'un cylindre de laiton. Toutes les roches pulvérisées de la même façon sont mises dans l'espace annulaire limité par les cylindres d'aluminium et de laiton.

Le cylindre d'aluminium sert d'écran pour arrêter la majeure partie du rayonnement β et, en particulier, celui du Potassium mêlé à la roche.

Les impulsions enregistrées par le compteur de Geiger sont amplifiées et additionnées sur un compteur mécanique du type P.T.T.

Avant et après chaque analyse nous mesurons l'effet zéro du compteur. Il est sujet à d'assez fortes variations dues principalement au rayonnement cosmique. Pour le diminuer et le stabiliser le plus possible, nous introduisons le cylindre de laiton contenant la roche et le compteur dans une cage de vieux plomb constituée d'une double couche de plaques de 2 cm d'épaisseur.

Les mesures comparatives se font au moyen de trois roches étalons préparées de la façon suivante: la première (roche à blanc) n'est constituée que de béton; la deuxième est en béton mélangé à 1,6 % de Potassium (3 % de KCl), pourcentage correspondant à ce que nous pensions être la teneur moyenne en Potassium des roches bitumineuses[1].

La troisième contient l'équivalent de 17 g d'Uranium par tonne de roche provenant d'une des solutions titrées dont nous avons déjà parlé au sujet des sources.

Le béton contient 25 % de ciment, 75 % de sable. Nous utilisons du chlorure de Potassium technique à raison de 30 g dans 100 g d'eau à 20°. Les solutions titrées d'Uranium, que nous avons décrites au chapitre des sources, nous sont servi à construire trois roches étalons A, B, C, contenant toutes l'équivalent de 17 g d'Uranium par tonne. Les deux premières ont été faites en 1946 et 1947 avec la solution de pechblende du Katanga et la troisième en 1947 avec la solution de pechblende du Canada.

Pour préparer la roche A par exemple, nous avons mélangé 70 g de solution titrée à 1560 g d'eau distillée et utilisé ce liquide pour fabriquer 12,2 kg de béton, en évitant le mieux possible des pertes dans le récipient et sur les outils. Les roches ont été séchées puis pulvérisées comme les échantillons analysés. Les roches B et C ne pesaient qu'un kilo.

En désignant par:

q_1 : activité totale de la roche étalon
q_2 : » » » » » à analyser
N_1 : nombre d'impulsions par minute pour la roche étalon
N_2 : » » » » » » » à analyser
n : » » » » » » » au Potassium
p_1 : poids de la roche étalon
p_2 : » » » » à analyser

l'activité de la roche est donnée par:

$$q_2 = \frac{N_2 - n}{N_1 - n} \cdot q_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} \qquad (1)$$

Appareillage.

Les compteurs de Geiger de forme cylindrique (hauteur 10 cm, diamètre 2 cm), aimablement offerts par le professeur Huber de l'Institut de Physique de Bâle, ont les caractéristiques suivantes [1]:

Epaisseur des parois d'aluminium:	0,1 mm.
Diamètre du tube (cathode):	18,0 mm.
Diamètre du fil intérieur (anode):	0,15 mm.
Remplissage: 20 mm Hg d'alcool éthylique	
60 mm Hg d'Argon	
Plateau:	1200 V — 1400 V.

Au cours des essais, nous avons utilisé 4 cylindres d'aluminium dans lesquels on introduisait le compteur. Leurs parois ont respectivement 1,5 mm, 2,0 mm, 2,5 mm et 2,8 mm d'épaisseur.

[1] Des mesures récentes, dont nous n'avons eu connaissance que tout dernièrement, montrent que la teneur de ces roches en K_2O peut varier entre 1,8 et 8 %.

En règle générale, les analyses ont porté sur 700 à 800 g de roche contenue dans un cylindre de laiton de 8 cm de diamètre. Deux cylindres plus petits permettent l'analyse de 100 g ou 10 g de roche.

Le compteur Geiger est mis à la terre et son anode, portée à un potentiel de 1200 V, est reliée à l'amplificateur par un fil blindé traversant la cage rectangulaire de plomb. La sortie de l'amplificateur à trois étages est connectée soit avec un haut-parleur, soit

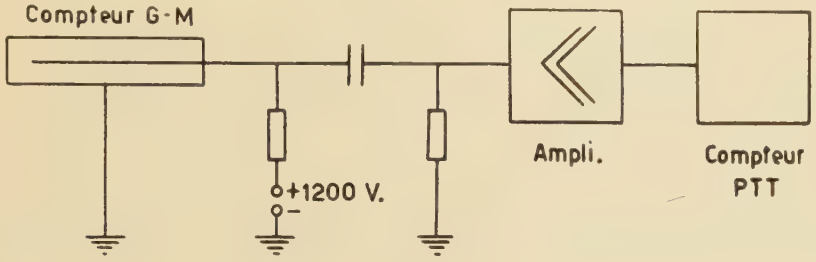


Fig. 2.

avec un compteur téléphonique numérique. La faible capacité du compteur de Geiger (2-4 pF) et la résistance d'entrée de 10^7 ohms donnent une constante de temps de l'ordre de 10^{-4} sec.

La tension d'alimentation a tout d'abord été fournie par une batterie de 12 piles sèches de 100-110 V chacune. L'appareillage fut ensuite légèrement modifié pour le rendre transportable et la Maison Leclanché nous construisit spécialement une batterie de 1200 V à très faible débit ne pesant pas plus de 5 kg. Une personne pouvait ainsi facilement transporter tout ce matériel qui nous rendit de précieux services sur le terrain.

Par la suite, cette batterie fut remplacée par un redresseur 2000 V stabilisé contruit à l'Institut de Physique.

Influence du Potassium.

Le Potassium, que l'on trouve généralement associé aux roches, émet des rayons β et γ. L'effet zéro de l'appareil étant toujours mesuré avec la roche artificielle contenant 1,6% de Potassium, valeur correspondant très grossièrement à la teneur moyenne en Potassium des échantillons que nous avons analysés, nous aurions pu éviter, semble-t-il, de prendre des précautions supplémentaires vu l'ordre de précision que nous désirions obtenir.

Toutefois, l'intensité totale des rayons β du Potassium comparée à celle due aux rayons β de l'Uranium est appréciable. Mühlhoff et M^{me} Curie [8, p. 484; 49, p. 222] donnent:

$$\frac{\text{intensité } \beta \text{ de K}}{\text{intensité } \beta \text{ de U}} = \frac{1}{1000}$$

à poids égal.

Prenons l'exemple d'une roche contenant 20 g d'Uranium par tonne et 2% de Potassium. Une tonne contiendra 20 g d'Uranium et 20.000 g de Potassium. Le rapport des intensités totales vaudra donc:

$$\frac{\text{intensité } \beta \text{ de K}}{\text{intensité } \beta \text{ de U}} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{20000}{20} = 1$$

Ce rapport étant beaucoup trop grand pour pouvoir négliger la présence du Potassium, nous avons arrêté la majeure partie du rayonnement β. Celui du Potassium est comparable, en pouvoir pénétrant, à celui du Ra E. Le coefficient d'absorption dans l'aluminium vaut 46 cm^{-1} [13, p. 55].

Avec:

I_0 : intensité initiale du rayonnement;

I : intensité du rayonnement qui a traversé x cm de matière;

μ : coefficient d'absorption globale

on a:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

le rapport de l'intensité finale (après avoir traversé une épaisseur x) à l'intensité initiale est donc:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x}$$

Pour $\mu = 46$ cm^{-1}, on trouve qu'une épaisseur de 1,5 mm d'aluminium (protection généralement utilisée pour nos analyses de roches) donne:

$$\frac{I}{I_0} = 0{,}001 = 0{,}1\,\%$$

Ainsi le 99,9 % du rayonnement β du Potassium est arrêté. Les rayons β les plus pénétrants des familles de l'Uranium et du Thorium qui sont ceux de UX_2 et Th C ont un coefficient μ moyen de 26 et 27 cm^{-1} d'après l'auteur cité plus haut. Pour la même épaisseur d'aluminium, le rapport $\frac{I}{I_0}$ vaut 0,02. Le 2 % traverse donc encore l'aluminium.

En résumé, la protection d'aluminium utilisée arrête pratiquement tous les rayons β du Potassium et laisse passer une faible partie du rayonnement β le plus pénétrant des familles de l'Uranium et du Thorium. Nous n'avons d'ailleurs pas tenu compte de l'absorption par la roche elle-même.

L'ionisation est donc due, avant tout, au rayonnement γ. Il s'agit dès lors de savoir quelle est l'absorption des rayons γ du Potassium par l'écran d'aluminium. D'intensité faible, ces derniers sont comparables en pouvoir pénétrant aux rayons γ du Ra C. Goodmann donne $\mu = 0{,}11$ cm^{-1} dans l'aluminium [13, p. 43].

Ainsi:

$$\frac{I}{I_0} = 0{,}98$$

On en déduit que, pour une épaisseur de 1,5 mm. d'aluminium, l'absorption ne dépasse pas le 2 % des rayons γ du Potassium. Elle est donc pratiquement nulle.

Il faut alors connaître l'intensité relative des rayons γ du Potassium par rapport à celle des rayons γ émis par la roche à analyser. Mühlhoff [49, p. 216] donne le rapport d'intensité des rayons γ émis par le Potassium et le Ra C en équilibre radioactif avec le Radium:

$$\frac{\text{Intensité } \gamma \text{ de K}}{\text{Intensité } \gamma \text{ de Ra}} = \frac{1}{3 \times 10^{10}}$$

à poids égal.

Ramené à une roche moyenne contenant 20 g d'Uranium par tonne et 2 % de Potassium, ce rapport vaut:

$$\frac{\text{Intensité } \gamma \text{ de K}}{\text{Intensité } \gamma \text{ de U}} = \frac{1}{10}$$

Ce calcul ne tient pas compte des rayons γ émis par les descendants de l'Uranium jusqu'au Radium (UX_2) et ceux de la famille du Thorium (MTh2). Ces derniers, d'après M^{me} Curie [8, p. 457], peuvent produire dans une roche un rayonnement γ plus important que celui du Radium. Le résultat en est encore amélioré.

En conclusion, l'écran d'aluminium de 1,5 mm d'épaisseur arrête le rayonnement β du Potassium et laisse passer une faible partie des rayons β pénétrants de UX_2 et Th C. Il laisse par contre passer les rayons γ du Potassium dont l'intensité est si faible qu'une roche à teneur moyenne (20 g U-Th par tonne et 2% de K) analysée au travers de cet écran, manifeste une activité totale dont le 5% environ est dû au Potassium. Rappelons d'ailleurs que l'effet zéro du compteur est toujours mesuré avec la roche étalon au Potassium contenant 1,6% de K.[1]

ÉTALONNAGE ET MANIPULATION

Il s'agit de prendre quelques précautions pour s'assurer du bon fonctionnement et de la précision de l'appareil.

Le point de fonctionnement du compteur de Geiger doit se trouver sur le « plateau » de la caractéristique des tensions (1200—1400 V). Il a donc été nécessaire de vérifier de temps en temps la largeur de ce plateau pour rendre les mesures indépendantes de la tension.

Pouvoir de résolution. — La fréquence des impulsions enregistrées est limitée par l'inertie du compteur mécanique et par le pouvoir de résolution du compteur de Geiger et de l'amplificateur. Les pertes dues au compteur de Geiger sont pratiquement négligeables. Quant à celles dues au compteur mécanique, dont la capacité est d'environ 10 impulsions par seconde, elles peuvent s'estimer et ne dépassent pas 5%.

Erreurs de comptage; rayonnement cosmique. — La précision des mesures dépend du temps de comptage. On réduira les écarts dus aux fluctuations dans la distribution des particules ionisantes en comptant un grand nombre d'impulsions.

Désignons par:

Z : nombre d'impulsions par minute pour l'effet zéro

N : » » » » pour une roche radioactive

t : temps de comptage exprimé en minutes.

L'effet dû à la roche seule vaudra:

$$N - Z$$

L'erreur probable pour l'effet zéro est:

$$Z \cdot t \pm 0{,}67 \sqrt{Z \cdot t}$$

et pour la roche:

$$N \cdot t \pm 0{,}67 \sqrt{N \cdot t}$$

d'où l'on tire l'erreur relative probable qui est fonction de N, Z et t:

$$r = \frac{0{,}67 \cdot \sqrt{N + Z} \cdot \sqrt{t}}{(N - Z) \cdot t} \cdot 100 \qquad (2)$$

L'erreur diminuera sensiblement avec Z. Il y a donc intérêt à réduire l'effet zéro qui est dû pour une bonne part aux rayons cosmiques. Ceux-ci se divisent en deux groupes: un groupe « mou » dont le parcours moyen est de quelques centimètres de plomb et un groupe « dur » dont le parcours moyen est de quelques mètres de plomb. Nous avons utilisé

[1] On verra (p. 271) que cette « roche au Potassium » artificielle ne donne que 0,5 impulsions par minute de plus que la roche à blanc, soit 3%, ce qui justifie pleinement nos conclusions sur ce point.

une protection de plomb de 4 cm d'épaisseur. Elle arrête, d'après Rossi [57, p. 9], le 22% du rayonnement cosmique alors qu'il faut une épaisseur de 67 cm pour en arrêter le 50%.

Nos expériences ont confirmé ces résultats. En étudiant la variation de Z avec des épaisseurs de 2 et 4 cm de plomb, on a trouvé:

Epaisseur de plomb cm	Impulsions par min.	Diminution en %
0	28,9	
2	17,7	39%
4	16,8	5%

A première vue, la diminution entre zéro et 2 cm ne correspond pas à la courbe de Rossi (18%). Mais cette courbe a été établie avec des compteurs à coïncidences placés verticalement les uns au-dessus des autres. On sait que la proportion des rayons mous augmente avec l'angle que leur direction fait avec la verticale [39, p. 24], d'où une très forte diminution du rayonnement cosmique total pour de relativement faibles épaisseurs de plomb. En passant de l'écran de 2 cm à celui de 4 cm, la diminution de 5% correspond à celle donnée par Rossi (5%).

Nous avons ensuite analysé une roche pendant 7 heures pour contrôler l'erreur théorique donné par la formule (2):

Temps de comptage en min.	Impulsions par min.	Ecart avec la moyenne sur 7 heures	Ecart en %	Ecart calculé par la formule en %
60	29,2	0,3	1	2
30	28,9	0,0	0	2
80	28,7	0,2	1	1
100	28,6	0,3	1	1
80	28,3	0,6	2	1
70	30,2	1,3	4	2

les % sont arrondis à l'unité.

L'expérience coïncidant à peu près avec le calcul, nous avons appliqué la formule (2) pour différentes valeurs de N et de t (les valeurs des quatre premières colonnes sont expérimentales):

t en min.	N	Z	Teneur en U-Th g. tonne	Erreur relative maximum (formule (2)) en %
60	23	17	10	9
60	26	17	20	6
30	36	17	52	5
60	36	17	52	3

Les calculs et tableaux ci-dessus montrent que l'erreur relative maximum des comptages diminue lorsque le temps de comptage et la radioactivité de la roche augmentent. Elle ne dépasse pas 6% pour une roche d'au moins 20 g d'U-Th par tonne analysée pendant une heure. Ce chiffre est pratiquement plus faible car les nombres n et N_1 de la formule (1) ont été mesurés chaque jour pendant plusieurs heures. Nous admettons une erreur relative sur le quotient $\frac{N_2 - n}{N_1 - n}$ de 5% pour une roche à 20 g d'U-Th par tonne (valeur moyenne des roches analysées).

Etalonnage. — Il reste à évaluer l'erreur faite sur l'étalonnage, c'est-à-dire sur le facteur q_1 de la formule (1). Comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, nous nous référons à trois sortes de roches étalons: celle « à blanc » qui n'est constituée que de béton,

celle au Potassium (3% de KCl) et celles contenant l'équivalent de 17 g d'Uranium par tonne de roche (A, B et C). Nous les avons contrôlées pendant une heure, chaque jour durant un mois. La moyenne des comptages a donné:

Sans roche	16,5	impulsions	par	min.
Roche à blanc	16,5	»	»	»
Roche au Potassium	17,0	»	»	»
Roche A, à l'Uranium	25,3	»	»	»
Roche B, à l'Uranium	25,5	»	»	»
Roche C, à l'Uranium	26,5	»	»	»
Moyenne des trois roches à l'Uranium	25,8	»	»	»

Ce résultat permet de calculer l'ordre de grandeur de l'erreur d'étalonnage. Nous référant à la valeur moyenne de 25,8 impulsions par minute pour la roche à 17 g d'Uranium par tonne, la roche A que nous avons généralement utilisée comme étalon contient:

$$\frac{25{,}3 - 17{,}0}{25{,}8 - 17{,}0} \cdot 17 = 16{,}0 \text{ g}$$

soit une erreur de 6% pour l'étalonnage.

En résumé, la formule (1):

$$q_2 = \frac{N_2 - n}{N_1 - n} \cdot q_1 \cdot \frac{p_1}{p_2}$$

donne la teneur d'une roche avec une erreur de 10 à 15% en admettant respectivement des erreurs de l'ordre de 5% pour le quotient $\frac{N_2 - n}{N_1 - n}$ et 6% pour q_1.

Nous avons contrôlé les résultats en reprenant les mesures sur des quantités de roches différentes et parfois à une année d'intervalle.

N° de l'échantillon	Poids de la roche analysée en g.	Teneur U-Th g./tonne
13	550	21
	450	19
	550	24
	82	22
74	645	4
	675	4
86	40	13
	685	11
114	77	55
	79	55

Tous les contrôles effectués n'ont jamais décélé d'erreurs dépassant ± 20%. Nous rappelons qu'il s'agissait d'une prospection sommaire et rapide, et non de mesures de précision qui n'auraient d'ailleurs guère eu de sens.

3. RADIOACTIVITÉ DES GAZ

Les gaz s'échappant de « la flamme » de Cuarny (pétrole) [2] et du lac Majeur dans la région de Magadino (méthane) [56] nous ont incités à construire un appareil permettant de mesurer leur activité. Par la même occasion, cet appareil servirait à étudier l'émana-

tion se dégageant des anfractuosités de terrains radioactifs. Cette méthode connue en balnéologie [4; 27] a l'avantage de donner une indication rapide sur la présence de Radon dans l'air. Nous l'avons décrite au chapitre relatif à l'analyse des sources.

La chambre de laiton de 8,8 dm^3 utilisée à cet effet est transportable. Elle est munie de deux robinets permettant d'introduire le gaz à étudier après avoir fait le vide dans l'appareil. Le tout repose sur un trépied. Soigneusement fixée et isolée par un bouchon d'ambre, une tige d'aluminium est placée dans l'axe de ce cylindre et reliée extérieurement à un électromètre Trüb Tauber de faible capacité (28,5 pF) dont l'isolation est très soignée. Un bâton d'ambre permet de porter l'électrode à un potentiel de 500 V et l'on mesure la vitesse de décharge due à l'ionisation. La liaison électrode-électromètre, la plus courte possible, est entourée d'un cylindre de laiton mis à la terre. Nous ramenons nos mesures aux solutions titrées dont nous avons parlé au chapitre des sources.

Une caisse, facilement transportable à dos d'homme, contient tout ce matériel. Nous avons ainsi pu étudier les gaz de Cuarny, ceux s'échappant du lac Majeur et ceux formant les bulles sous la glace des Grand-Marais lorsque le lac de Neuchâtel gèle dans son extrémité Nord-Est.

Nous avons dû abandonner certaines mesures lorsque le degré hygrométrique de l'air était très élevé car toute lecture devenait impossible, l'électromètre se déchargeant presque instantanément. Ce fut le cas dans les mines de la Presta au Val-de-Travers, et partiellement dans celles de Serpiano au Tessin.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Nous présentons une série de tableaux et deux cartes en couleurs.

a) TABLEAUX

Ils sont de trois sortes:

1) Radioactivité des sources
2) » des roches
3) » de l'air et des gaz.

1) *Radioactivité des sources*

Radioactivité des sources en Suisse.

Les résultats de l'analyse des sources suisses figurent sur deux tableaux. Le premier indique le numéro de la prise, le lieu et le nom, la teneur en Radon (unité : 10^{-10} curie/litre ou éman) et la présence éventuelle de sels de Radium en solution pour divers échantillons. Il groupe les sources par régions (tableau I).

Le deuxième tableau (Index des sources) groupe les échantillons par numéro d'ordre, indique la date du prélèvement, la température, le débit « estimé » en litres par minute et les coordonnées de l'atlas Siegfried (tableau II). Cette dernière indication permettra, sauf quelques rares exceptions, de retrouver une source donnée sur le terrain dans un carré de 50 m de côté au maximum. Nous avons utilisé les feuilles de l'atlas topographique de la Suisse (Atlas Siegfried) au 1 : 25000 et 1 : 50000, sauf pour les échantillons suivants que nous avons relevés d'après la nouvelle Carte nationale de la Suisse avec teintes relief (1 : 50000):

Sources: N^{os}: 114 à 119; 149 à 164; 224 à 226.
Roches: N^{os}: 66 à 105.

Sources suisses analysées par d'autres auteurs.

Le tableau III est une liste des analyses faites par d'autres auteurs [59]. Il donne le numéro de référence indiqué sur la carte géographique, le lieu et le nom, la teneur en Radon et le nom de l'auteur.

Sources étrangères.

Le tableau IV donne les analyses de sources étrangères trouvées dans la bibliographie [9; 10; 12; 33; 41; 43]. Il indique le numéro de référence figurant sur la carte géographique, le pays, le lieu et la teneur en Radon.

2) *Radioactivité des roches en Suisse*

Les résultats sont groupés par régions. Le tableau V indique le numéro de la prise, le lieu, les coordonnées de l'atlas Siegfried et la teneur, activité globale exprimée en grammes d'Uranium-Thorium en équilibre radioactif par tonne de roche.

3) *Radioactivité de l'air et des gaz en Suisse*

Le tableau indique le numéro de la prise, le lieu, les coordonnées de l'atlas Siegfried et la teneur en 10^{-10} curie/litre.

b) CARTES GÉOGRAPHIQUES

La radioactivité des sources figure sur deux cartes en couleurs. Nous y avons reporté nos résultats et ceux trouvés dans la bibliographie. Chaque cercle, représentant une ou plusieurs analyses, est accompagné de numéros correspondant à la nomenclature des sources (première colonne de chaque tableau). Il est ainsi facile, en consultant une carte, de retrouver les caractéristiques d'une source intéressante.

Des couleurs correspondant aux grandes subdivisions géologiques permettront éventuellement aux géologues de reprendre notre travail pour en tirer des conclusions touchant à leur domaine. Les contours géologiques sont relevés de la carte du Guide géologique de la Suisse.

La carte n° I, intitulée « Radioactivité des sources de la Suisse », permet une vue d'ensemble de notre travail. Les teneurs sont réparties suivant trois catégories:

1) plus faibles que 5×10^{-10} curie/litre (cercles blancs),
2) comprises entre 5 et 15×10^{-10} curie/litre (cercles blancs avec point noir),
3) plus fortes que 15×10^{-10} curie/litre (cercles noirs).

Nous avons distingué les analyses exécutées à Neuchâtel de celles trouvées dans la bibliographie. Les régions géologiques sont: le Jura tabulaire (bleu clair), le Jura plissé (bleu foncé), le Bassin molassique (blanc), les Alpes et Préalpes (rouge clair) et les Massifs hercyniens (rouge foncé). Nous avons tracé, d'autre part, la ligne de dislocation insubrienne.

La carte n° II, intitulée « Radioactivité des sources de la Suisse et des régions limitrophes », nous permet de raccorder nos résultats à ceux acquis au Tyrol, en Italie et en France. Pour ne pas la charger et vu les fortes activités trouvées à l'étranger, nous avons réparti les teneurs ainsi:

1) de 10 à 50×10^{-10} curie/litre (cercles blancs),
2) de 50 à 100×10^{-10} curie/litre (cercles blancs avec point noir),
3) plus grandes que 100×10^{-10} curie/litre (cercles noirs).

Les régions géologiques sont: le Jura tabulaire (bleu clair), le Jura plissé (bleu foncé les Bassins tertiaires (blanc), les Alpes et Apennins (rouge clair) et les Massifs hercyniens, (rouge foncé). La ligne de dislocation insubrienne y figure comme sur la carte n° I.

TABLEAU I. — RADIOACTIVITÉ DES SOURCES EN SUISSE

I. Bassin du Rhône

a) *Haut Valais.*

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
181	Gletsch, Warmequelle (droite)	69	néant
182	» » (gauche)	68	néant
183	» Hauptquelle	24	—
186	Oberwald, Blätti (droite)	7,7	—
187	» » (gauche)	13	—

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
188	Oberwald, Blätti	28	
189	» Bergecke	18	
191	Obergesteln, Untere W. Quelle	66	néant
192	» Obere E. Quelle	17	
184	Ulrichen, Schwefelquelle	7,3	
185	» Tubenleeh	15	
190	» Alte Dorfbrunnen	5,5	
193	Münster, Bartebe	15	
194	» Militärbrunnen	17	
195	» Guggerberg	7,7	
183 *a*	» Fontaine	8,4	
189 *a*	» Lavabo Hôtel Croix-d'Or	6	
196	Binn, Rothrog	4	
197	» Lochbacher sur rive droite	2	
198	» Giessen	1,4	
199	» Imfeld, Oberste Quelle	3	
200	» » Unterste Quelle	néant	
201	» » Tenisch	4,2	
201 *a*	» Robinet Hôtel Hofenhorn	1,2	—
201 *b*	» fontaine près du pont	3	
202	Fiesch, Baumwald	23	
203	» Im Krommen	22	néant
204	Mörel, Source du Village	23	
219	Bitsch (Naters), Brunnenwasser	10	néant
218	Massa-Boden (Naters), Kraftwerkes	15	néant
562	» » Nouvelle canalisation, Fenster 2 bei St. m' 170	22	0,1
217	Weingarten (Naters) « Roten-Ruppen »	14	néant
213	Naters, Zuber	21	
214	» Im Klosi	21	néant
215	» Auf Dorf	28	néant
216	» Privat, Franz Werner	50	néant
216 *c*	» Fontaine	39	—
216 *a*	Brigue, Robinet Hôtel du Commerce	5,5	
216 *b*	» Fontaine de la grande place	5,5	
205	Blatten, Réservoir	18	
206	» Dem Bach	35	—
207	» Brunschini	1,4	
208	» Schukenbrunnen	64	
209	Mehlbaum, Source du pont	14	
210	Geimen, Echenbrunnen	11	—
211	» Die Löche	7,7	
212	Moos, Rostquelle	4,5	—
	b) *Val d'Hérens.*		
114	Les Haudères (La Nivaz), vers le hameau	4,5	néant
115	» » » » rochers	3,4	traces
116	» » » » (Gringoire)	1,6	néant
117	» » sud de Farquesses	3,3	traces
118	» » bisse près de Farquesses	néant	—
119	» » fontaine Farquesses	0,3	

c) *Champéry-Morgins.*

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
229	Champéry, Rumière	8,2	néant
230	» Meunière	0,2	—
231	» La Laitière	2,3	—
232	Champéry-Morgins, Col du Lac Vert (Fontaine blanche)	1,9	—
233	Morgins, Zennaz	2,3	—
234	» Châlet du Plâne, Chaudonne	2,6	—
235	» Source Douanne	0,6	—
236	» Source ferrugineuse	0,5	—

d) *Vallée du Rhône.*

98	Brigerbad (eau du bain)	27	0,1
99	» (source froide)	43	0,1
100	» (eau potable)	23	néant
101	Loèche, gare CFF, Schrejentbach	0,8	—
102	» » » » source	1,2	—
103	» Village, Schützelaubequelle	1,5	—
104	» » St. Martins-Brunnen	9,2	néant
105	» les Bains, Rossquelle (bains de pied)	1,1	—
106	» » » Pfunti	1,6	—
107	» » » Ignace (bains de pieds)	0,6	—
224	Aproz, Source minérale	8,2	néant
225	» Fontaine Plan-Bar (ancienne)	3,8	—
226	» » » » (nouvelle)	4,0	—
120	Saxon, Bains	6,5	traces
121	» Gorges de Saillon	15	traces
227	Bovernier, Fontaine chaude	0,4	—
228	» » du village	3,3	—

e) *Bas Valais et Léman oriental.*

96	Lavey-les-Bains, Fontaine de la cour	2,7	traces
97	» » » eau du puits	35	0,1
93	Bex, Hôtel des Salines (eaux mères)	6,3	1,2
94	» » » » Source la Rippaz	0,5	—
95	» Usine des Salines (eaux saturées)	0,6	-
223	Aigle, source alcaline	0,4	—
77	Saint-Gingolf, eaux des Serves	1,2	—
78	» » -Bouveret (Villa Eugénie)	3,5	—
79	Port-Valais	1,1	—
80	Les Evouettes (La Guigone)	0,7	—
81	Vouvry (Réservoir)	0,8	—
82	» (Grands-Prés)	1,3	—
83	» (Pré d'avant)	1,6	—
84	» (Les Saves)	1,9	—
85	Porte du Sex (Le Pontet)	0,7	—
86	» » » (Fossé de Barney)	1,4	—
87	Vionnaz (Clousillons)	2,0	—
88	» (Le Rosaire)	2,5	—
89	» (Les Moulins, c. Stockhalper)	2,4	—

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
90	Vionnaz-Muraz (ancienne pisciculture)	1,5	
91	» » » »	2,6	—
92	» » (Villa la Rochette)	3,9	—
221	Montreux, Pallens (eaux minérales)	0,4	—
222	» Vernex » »	1,1	—
323	Bains de l'Alliaz	1,1	—
409	Puidoux, Primapraz *a*)	0,3	—
410	» » *b*)	4,4	—
411	» » *c*)	2,4	—
412	» Longive	2,2	—
413	Savigny, Auberge communale	4,7	—
	II. Jura occidental		
	a) *Genève.*		
339	Dardagny, Roulavaz	0,4	—
340	» Nant Punais (puits Tessier)	0,6	—
341	» » » (fosse à goudron)	1,6	—
	b) *Jura vaudois et Gros de Vaud.*		
402	Cheserex, Source Malley	1,0	—
403	» Réservoir Commune	0,9	—
404	Bougy, Source de la Touille (nouvelle)	2,1	—
405	» » » » » (ancienne)	0,5	—
406	Féchy, Croix de Luisant	3,6	néant
407	Chigny-sur-Morges (champs)	2,7	—
408	» » » (chambre de séparation)	3,6	néant
398	Burtigny, Mont Chauvet	2,9	néant
399	» Marais Prévard	2,0	—
400	» Source de Fanoz *a*)	1,2	—
401	» » » » *b*)	1,5	—
393	Bière, Rutti *a*)	1,6	
394	» » *b*)	4,4	—
395	» Champ. Vionnet *a*)	1,9	—
396	» » » *b*)	2,0	—
397	» » » *c*)	4,6	—
389	Apples, Source des bougeries *a*)	4,3	néant
390	» » » » *b*)	3,7	—
391	» Puits du Marais	néant	—
392	Moulin d'Apples, Source de la Morge	4,3	néant
386	Montricher, Source du Cimetière	1,3	—
387	» Les Criblets	1,1	—
388	» Le Rosaire	néant	—
414	Romanel, S. Providence	19	néant
415	Mex, Sous-Valeyres	7,7	néant
416	» Source des Regolles	2,9	—
364	Eclépens, La Falletaz	4,3	néant
365	» Source aux Pigeons	4,4	—
366	» La Birettaz	11	néant
367	» Fond des Birettaz	1,3	—
368	» Fontaine des cinq sous	2,4	—
369	» Tilléria z	4,9	néant

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
370	Vionnaz, Pompage de la Tuilerie	4,1	néant
371	» Fontaine Eclépens-Gare	2,9	—
372	Chavornay, Source de Bochat	1,5	—
373	» Sous Coppiz	1,2	
374	» Source du Vieux-Moulin	3,1	—
376	» » des Pièces	2,2	—
375	Moulin de Bavois	1,6	—
377	Bavois, En Praille (champ)	4,5	néant
378	» » » (bord route)	traces	—
379	» Source de Manné	2,8	—
380	» Tiolere (Le Bournalet)	2,5	—
381	» Entre roches (pompage)	2,6	—
382	» » » (eau du Mormont)	2,2	—
383	Goumoens-le-Jux, sur Suvigny	0,8	—
384	» » » sortie du village	2,4	—
385	» » » Poyat	6,4	néant
358	Orbe, Fontaine de la Magnenette	4,6	—
359	» Source des Vaux	1,7	—
363	» Source du Châlet	0,5	—
360	» Montcherand, Champs des Dailles	3,0	—
361	» » Les Fontaines Vives	1,4	
362	» » La Tufière	2,8	—
350	Valeyres, Les Chenalettes	0,9	—
356	» Boven (source ferme)	0,3	—
357	» (réservoir pour Valeyres)	1,6	—
351	» réservoir de la Robellaz S.-W.	0,6	—
352	» » » » » N.-E.	1,8	—
353	Sergey, Les Vignettes N° 1	2,3	—
354	» » » N° 2	3,2	—
355	» » » N° 3	3,3	—
342	Yverdon, Arkina minérale	0,5	—
343	» » sulfureuse	2,1	—
344	» Moulin-Cosseau S. Délacrétaz	1,5	—
345	» » » N. »	3,6	—
346	» » » Von Gunten	4,8	—
347	» Le Moulinet (captage)	0,8	—
348	» » » (non captée)	0,8	—
349	» Grange Décoppet	1,1	—

c) *Canton de Neuchâtel.*

1	Val de Travers, Mine de la Presta, Source du T	2	—
2	» » » Source du Puits (tuyau)	3	—
10	» » » Mine de la Presta (tuyau)	2	—
11	» » » » » » » (au sol)	1,5	—
3	» » » » » » » Source N° 2	2	—
8	» » » » » » » » » »	1,5	—
4	» » » » » » » Voie Neuve	2	—
5	» » » » » » » Plan Incliné N° 3	1,5	—
6	» » » » » » » Ch. des pompes	1	—
7	» » » » » » » Plan Incliné N° 3	1	—
9	» » » » » » » Source N° 1	1,5	—

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
12	Les Convers, Combe des Auges, réservoir	1	—
13	» » » » » collecteur	1	—
14	» » » » » Chambre ouest	1,5	
15	» » » » » » est	1,5	—
16	Montagne de Sonvillier, envers de Renan	0,2	
434	Neuchâtel, Fontaine des Trois-Pigeons	0,4	
	d) *Sud Lac de Neuchâtel.*		
17	Cuarny, Fouille de Vallaprin	néant	—
49	» Regard de Vallaprin	1,6	—
18	» Source à Marcache	1,5	—
48	» » » »	1,6	—
19	» Arche principale (tuyau N° 3)	0,3	—
51	» » » » » »	0,2	—
20	» » » (tuyau N° 4)	16	—
53	» » » » » »	18	néant
21	» » » (tuyau N° 5)	5,5	—
55	» » » » » »	4,0	—
22	» Fouille de Châtillon	1,5	—
56	» Regard de Châtillon	2,5	—
61	» Source Sandrillet	3,6	—
47	» Captage N° 1	2,2	—
50	» Arche principale (tuyau N° 1)	2,2	—
52	» » » (tuyau N° 7)	néant	—
54	» » » (tuyau N° 6)	2,1	—
57	» La Sauge	4,5	néant
58	» Bassin du réservoir	1,8	—
59	» Fignerolles (eau potable)	1,1	—
60	» » (eau non potable)	3,9	—
419	Les Granges de Cheyres, La Matze S.	10	traces
420	» » » » » » W.	3,1	—
421	» » » » Aglantaz W.	3,2	—
422	» » » » » S.	3,5	—
423	» » » » Bélier Aglantaz S.	3,8	—
424	» » » » » » W.	2,4	—
417	Montet s/Payerne, Bainoz	2,6	—
418	» » » »	2,1	—
425	Grandcour, Moraye	4,5	traces
426	» Puits des Sermes	1,1	—
427	» En Ombroz	3,0	—
428	Montmagny, Delore	2,4	—
429	» La Molliette, haut	8,1	néant
430	» » collecteur	2,7	—
431	Lugnorre, La Lomberte	14	néant
432	» Les Pottiettes W.	3,7	—
433	» » » N.	1,2	—
	III. Jura oriental		
	a) *Jura bernois.*		
23	Mont Terri, La Gypsière (S) source N° 1	0,1	—
44	» » » » » » » 2	0,4	—

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
24	Mont Terri, La Gypsière (S.W.)	0,2	
43	» » » » »	0,1	
38	» » Asuel, ruisseau	0,3	
39	» » » sud de la Pâle	0,2	
40	» » La Malcôte	0,2	-
41	» » » »	0,3	-
42	» » Pomeret (eau stagnante)	0,5	-
45	» » En Méchamé	0,3	-
46	» » Schurf N° 2	0,2	—
	b) *Seeland.*		
463	Canton de Berne, Tschugg, « Rappenried »	0,8	-
470	» » » Brüttelen, Lachenquelle	5,5	néant
471	» » » » mélange trois sources.	4,0	—
472	Brüttelen, « Gäserz » 1	15	néant
473	» » 2	5,4	—
465	Hermrigen, « Merzligen-graben »	0,8	—
466	» « Wyssbrunnen » 1	13	néant
467	» » 2	16	néant
468	» « Riedli »	4,4	- -
464	Kallnach, « Glungge »	2,3	—
469	» Pumpwerke	2,7	- -
474	Schachen (Pumpwerke)	1,8	- -
475	Lyss-Kaltberg Zukunft N° 1	2,4	—
476	» » » » 2	1,9	—
477	» » « Meyer-Pauli »	2,2	—
478	» » Meyer-Zingg	2,1	—
479	» » Wyttenbach	2,2	—
	c) *Aar.*		
480	Pieterlen, Juraquelle (Prop. F. Schneider)	4,0	néant
486	Granges (eaux du Tunnel Moutier-Granges)	0,4	—
487	Selzach, « Fuchsenwald »	1,1	
488	» « Obermatt »	2,3	- -
481	Safnern, (Prop. Alex Etter)	2,3	- -
482	» (» Hermann Kunz)	1,6	—
483	Büren, Pumpwerke	1,1	—
484	» vom Sandreise	2,8	-
485	» vom Hintertal und Talgraben	1,8	—
492	Arch, Kampfquelle	2,2	—
489	Nennigkofen, « Nennigkofenquelle »	3,2	néant
490	» « Lüsslingenquelle » N° 1	3,3	néant
491	» » » 2	3,3	néant
338	Attisholz (Soleure), source minérale	0,4	—
334	Gutenburg (Ct. Berne) Untere Quelle (Eisenquelle)	3,6	néant
335	» Trinkwasser Hôtel	3,0	néant
336	Schwarzenberg-Bad, Goldquelle	1,9	—
337	» » Neue Quelle	10	néant
237	Aaretränke, Fermes Haller	17	néant
110	Lostorf, Gibsquelle (tuyau N° 1)	12	traces
111	» » (tuyau N° 2)	15	traces
112	» » (tuyau N° 3)	15	néant

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
113	Lostorf, Schwefelquelle	0,6	traces
108	Wildegg, Jodwasser	0,4	—
109	Schinznachbad, eau sulfureuse	7,2	0,1
	d) *Argovie-Bâle.*		
168	Unter Muren	7,8	néant
169	Ober Muren	6,7	néant
165	Läufelfingen, Gibsquelle	1,0	—
166	Untere Hupp	0,2	
167	Obere Hupp	3,2	—
170	Katzbach (Läufelfingen)	1,8	—
171	Diepflingen, « Schublede »	1,1	—
172	Thürnen, Obere Erlenhof, « Rüti »	traces	—
173	» » » « Plite »	1,0	—
176	Sissach, Niederdruckreservoir	2,7	—
175	Zunzgen, Eppberg	2,0	—
177	Furlen, (Lausen — Prop. Sutter)	1,8	—
178	» » » Wissner	1,5	—
179	» » » » source de secours	3,5	—
180	Hinteren-Buchhalde (Lausen)	0,5	—
238	Küttigen « Neumatt-Quelle »	2,6	—
239	» « Fischbach », (kalt)	7,3	néant
240	» » (warm)	8,7	néant
241	» « Kaltbrunnen » (gauche)	1,0	—
242	» » (droite)	1,1	—
243	Staffeleggbrunnen	17	néant
244	Schlatt, « Kaltebrunnen »	3,9	—
245	» Haus N° 36	0,3	—
246	» Haus N° 35	2,1	—
247	Schenkenberger-Höfe (Thalheim), Reservoir für Löschzwecke	8,4	traces
248	Asp, Keller Restaurant Jura	11	néant
249	» Fontaine Hebann	1,3	—
250	» Im Schloss « Kellenbach »	0,9	—
251	» Quelle bei Gatter	2,0	—
252	Willihof (Com. Herznach)	0,8	—
253	Bözen, (Unterdorf) « Rohacker »	2,5	—
255	» bei der Mühle « alte Quelle »	2,7	—
256	Hornussen, « Wolftalquelle »	1,5	—
257	Hornussen, « Mühlehäldeliquelle »	2,4	—
258	Frick (Korntal), « Betzihalde »	7,3	néant
259	» Sunnerlihof	2,8	—
260	» Stockaker (droite)	1,1	—
261	» » (gauche)	0,9	—
262	» Frick-Berghof (fontaine)	1,3	—
263	Oschgen, Hofmatt	3,1	—
264	Kaisten, Tuttigraben (réservoir)	13	néant
265	Laufenburg, Wasenhalden	1,4	—
266	Stein, Zollbrunnen (réservoir)	7,0	néant
267	» « in den Rütenen »	3,0	—
268	Eiken, Talquelle	2,2	—
269	» Brueglibrunnen	2,7	—

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
270	Mumpf, Stutzhaldequelle	1,2	
271	Commune de Mumpf, Pension Schönegg	1,4	
272	Möhlin (sur Zuzgen), Eibächlein *a*)	3,5	-
273	» » » » *b*)	9,1	néant
274	» » » » *c*)	2,5	
275	» Maienbachli « Urmis »	1,9	
276	» » »	2,8	
277	» Quelle im Ziegelhof	2,3	

e) *Schaffhouse.*

25	Beggingen, Im langen Tal	1,1	
26	» » » »	néant	
27	» Hölderli	0,5	—
28	» Fontaine de Brunnenhof	2,7	-
29	» Strickhof	0,8	-
30	» » (au sud)	5,7	-
31	» Miltenhof	1,6	—
32	» Siblingerhöhe	0,3	—

IV. Plateau et Préalpes

a) *Oberland bernois.*

140	Gurnigel, Schwarzbrünli *a*)	3,5	—
141	» » *b*)	4,8	néant
142	» Eisenquelle	2,0	—
143	» Trinkwasser (Hôtel)	5,3	néant
144	Längeneybad (près de Gurnigel)	1,8	
145	Schwefelberg-Bad (source sulfureuse)	0,7	
146	» » (Trinkwasser), Hôtel	0,6	- -
147	Ottenleuebad, Eisenquelle (stark)	0,8	—
148	» » (schwach)	1,5	-
150	Blumenstein, source minérale	0,4	-
151	» Rütti	traces	-
152	Weissenburg, Mineral Therme (Kurhaus)	2,4	- -
152 *a*	» » »	1,8	—
322	» Trinkwasser	traces	
153	» (entre gare et Kurhaus)	traces	- -
163	Grimmialp Hauptquelle	1,0	néant
164	» Nebenquelle	1,0	—
157	La Lenk, Balmenquelle (Trinkhalle)	0,6	- -
162	» » Balmenquelle (source)	0,4	
158	» » Hohliebquelle (Trinkhalle)	0,3	- -
154	» » » (source)	0,4	-
159	» » Eisenquelle (Trinkhalle)	0,3	- -
155	» » » (source)	0,6	
156	» » Source nouvelle	1,7	-
149	Faulensee, Blindandstalt (source ferrugineuse)	1,9	—
160	Heustrich-Bad, Schwefelquelle	0,4	—
161	Rinderwald, Schwefelquelle	0,4	—

b) *Emmental.*

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
324	Rüttihubelbad, Eisenquelle	2,5	
325	» Fontaine eau potable	1,0	
326	Schlegwegbad, Eisenquelle	2,1	
139	Moosbad	5,7	néant
327	Kemmeribodenbad, Eisenquelle	0,4	
328	» Schwefelquelle (stark)	0,2	
329	Sörenberg, Schwefelquelle	0,6	
331	» près de Schwefelquelle	1,7	
330	» Trinkwasser (Kurhaus)	1,2	
332	Schüpfheim, Eisenquelle	2,2	

c) *Sursee.*

333	Knutwil, Eisenquelle	0,5	

V. Suisse orientale

a) *Saint-Gall–Appenzell.*

278	Heinrichsbad, Brünneli im Tanneckgarten	6,8	
279	» Eau potable (Kurhaus)	néant	
280	Gontenbad, Eisenquelle « Grosse » (robinet)	1,3	
281	» » « Kleine » (fontaine)	1,3	
282	Weissbad, Trinkwasser (robinet)	néant	
283	Wasserhauhen, « Forstquelle »	0,6	
284	» source au haut du village	1,9	

b) *Vallée du Rhin.*

285	Walzenhausen, Waldquelle (Schönenbühl-Bad)	15	
286	» Schönenbühl-Bad, Stallquelle	0,6	
320	» eau du robinet (Kurhaus)	0,7	
287	Bad Balgach	traces	
288	Oberriet, Wichensteinquelle	2,1	
289	» E. Kobelwald	0,8	
290	» Kobelwald-Freienbach « Schwiebach »	0,1	
292	» N. Blattenberg	2,9	
291	Plona (Rüthi) Brunenloch	1,6	
316	Sevelen, Bad Rans	3,0	
321	Sargans, Wasserversorgung	0,8	
317	Plons (près de Sargans)	néant	
318	» »	0,2	
319	» »	0,2	
293	Landquart – Unterwaz, « Friewies »	2,0	
296	Haldenstein (près Coire) Grundwasserwerk	2,6	
297	» » » « Carfrils »	traces	
298	» » » « Liechtenstein »	traces	
299	» » » « Burgwiesen »	traces	
294	Felsberg (Coire) « Tshintabrüneli », fontaine	0,7	
294 *a*	» » » source	0,8	
295	» » Fontaine vers l'église	traces	
128	Disentis, Radiumquelle, St. Plazi	110	néant

c) *Murgtal* (S. lac de Wallenstadt).

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
300	Filzbach, Schluchen, « Blattbach »	1,6	—
301	Mühletal, source au bas du village	0,6	—
302	» » » haut du village	0,5	—
303	Mühlehorn, « Rothebrunnen »	0,9	
304	Murgtal, Unterstafel	1,4	—
305	» Bärenboden	0,4	—
306	» Robmen	1,1	—
307	» Mürtschen-Oberstafel	0,6	—
308	» Etscherzapfen	8,1	néant
309	» Sous les Silberen	2,0	-
310	» Tschermannen	traces	—
311	» Schwiebach	6,0	néant
312	» Pfannenbödeli	0,7	—
313	» Mornen, Kaltbrunnen	3,1	—
314	» Stäfeli (Obere Plätze)	2,3	—
315	» Plätze, Schwefelquelle	3,3	néant

d) *Taminatal.*

129	Gieshübel	0,1	—
130	Baüwald-Brüneli	7,0	néant
131	Spina	0,6	—
132	Bad Pfäfers	1,3	0,1
133	Steg	0,7	—
134	Rose	0,5	
135	Frögli	0,3	-
136	Züge	0,3	—
137	Kalberhändeli	0,8	—
138	Gänis	0,3	-

VI. Grisons

a) *Rhin.*

563	Piz Ner, Puntegliasgletscher	8,6	néant
564	» » »	6,9	néant
500	Rhin antérieur, Disentis, fontaine	11	néant
501	» » Somvix »	3,6	—
502	» » Rabius »	17	néant
503	Somvixerthal, Tenigerbad, source minérale	7,8	néant
504	» » fontaine des champs	0,6	—
505	» Val, fontaine du village	traces	—
506	Rhin, Truns, fontaine du village	10	néant
507	» Tanavasa, fontaine du village	5,6	—
508	Ilanz, fontaine du village	0,6	—

b) *Davos.*

509	Spinabad (fontaine)	11	néant
510	Réservoir Bedra	2,0	—
511	» Flüela	3,4	0,1
512	» Parsennwasser	0,9	—
513	Robinet abattoirs (Sertigergebiet)	5,5	néant

c) *Flüela.*

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
514	Versant N., après Carlinate, alt. 2200 m.	20	traces
515	Flüela, col	0,3	- -
516	» versant S., région Chantsura	39	néant

d) *Parc National.*

517	Laschadura	1,2	-
518	Ova Spin, fontaine	1,5	—
519	Stabelchod, km. 17,7	0,1	—
520	» » 19	1,6	-
521	A. Buffalora	5,5	néant

e) *Engadine.*

522	1 km. W. Sivaplana, km. 13	5,4	—
523	W. lac Silvaplana, km. 14	12	néant
524	Plaun da Lej, km. 18,5	3,9	—

f) *Maloja.*

525	Val Forno, alt. 1880	5,0	néant
526	» » Ferme Orden	0,1	—
527	Début V. Bregalia, fontaine A.C.S.	1,6	—

g) *Val Bregalia.*

528	Cavril, source des Maisons	8,3	néant
529	Löbbia, fontaine	2,3	-
530	Vicosoprano, fontaine	0,1	-

VII. Tessin

a) *Val Bedretto,*

446	Ossasco, acqua minerale	3,9	néant
447	» fontaine du village	1,1	-

b) *Valle Mesolcina.*

531	Lumino, fontaine	7,2	néant
532	San Vittore, fontaine	0,9	
533	Grono, fontaine	2,7	
534	Cama, »	9,3	néant
535	Lostallo, »	0,6	-
536	Soazza, »	19	néant
537	Mesocco, »	0,4	
538	Pian San Giacomo, fontanin del Pont	5,1	néant

c) *Valle Riviera.*

539	Sementina, fontaine	0,9	-
540	Arbedo, »	5,9	néant
541	Claro, »	4,0	—
542	Lodrino, »	0,1	- -
543	Osogna-Cresciano, fontaine gare	néant	—

d) *Valle Blenio.*

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
544	Semione, fontaine	2,7	—
545	Dongio, robinet	6,9	néant
546	Acquarossa, Thermequelle (Fe)	5,8	néant
547	Torre, fontaine	0,1	—
548	Aquila, »	1,9	-
549	Olivone, source S.E. église	0,6	—
550	Campo Blenio, acqua ferrugginosa	0,2	—
551	Acquilesco, » »	5,8	traces
552	Monti Camperio, fontaine	2,6	—
553	Ponto Valentino, »	0,5	—
555	Malvaglia Chiesa, fontaine	3,3	- -
556	Loderio, eaux Biasca	3,7	—

e) *Valle Leventina.*

557	Sobrio, Vallone	néant	-
558	» fontaine N.E. église	3,5	néant
559	» source de Campi	1,7	- -
560	Lavorgo, fontaine gare	4,1	néant
561	Faido, » »	35	néant

f) *Lac Majeur.*

37	Magadino-Vira, fontaine	0,8	—
62	Locarno, Madonna del Sasso (rochers)	néant	—
63	» » » » Fontana Maria	1,4	—
64	Brione, robinet de citerne	17	néant
65	» fontaine	0,6	—
66	Orselina-Brione, rochers	0,6	—
67	» » ruisseau	2,7	-
68	» » champ	2,2	—
69	» » réservoir	5,3	—
70	Orselina (ouest)	1,8	-
72	» Monti della Trinità	7,3	—
71	Ponte Brolla, Vatagnere	4,9	—
73	» » » (ruisseau)	traces	—
74	Solduno, acqua marcia	3,8	—
75	» Prop. Hoffmann	18	néant
76	» (rochers)	14	néant

g) *Val Colla.*

122	Cimadera, Costa della Fornace	7,2	néant
123	» Piancabella	5,2	0,1

h) *Tessin méridional.*

124	Arogno, Sant-Evasio (mines)	12	néant
33	San Giorgio, Serpiano, Tre Fontane (réserv.)	0,8	—
34	» » » » » sous arbres	7,5	néant
35	» » » » » réservoir	1,7	-
36	» » » acqua des Ghifs	4,0	—
125	Stabio, bains (forage)	21	traces
126	» » (source de niveau)	20	néant
127	» » (Santa Filomena)	27	0,1

VIII. Susten, Gothard, Oberalp

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Sels Ra.
493	Susten, versant W., alt. 1637	0,2	—
494	» » » fontaine A.C.S.	néant	—
495	» » E., Grassalp, alt. 1750	néant	—
496	» » » Bei der Kapelle, fontaine	2,3	—
497	Wassen, fontaine, place principale	2,2	—
498	Oberalp, versant E., dans les lacets	0,1	—
499	» » » Tschamut fontaine	5,5	0,1

IX. Tunnels

a) *Gothard.* (Le Km. zéro est à l'entrée côté Göschenen.)

435	Km. 2,665	gauche	6,2	0,1
436	» 2,769	»	1,0	—
437	» 2,890	»	néant	—
438	» 6,200	»	traces	—
439	» 10,200	»	traces	—
440	» 11,000	»	traces	—
441	» 12,140	»	néant	—
442	» 12,140	droite	néant	—
443	» 13,730	gauche	traces	—
444	» 13,900	droite	1,0	—
445	» 14,130	»	0,4	—
448	Airolo, quai de la gare, fontaine		0,1	—

b) *Lötschberg.* (Le Km. zéro est à l'entrée côté Kandersteg.)

449	Km. 1,450	gauche	0,2	—
450	» 5,430	»	traces	—
451	» 6,020	»	5,7	néant
452	» 8,480	»	3,8	—
462	» 10,920	»	0,4	—
461	» 11,690	»	0,1	—
460	» 12,340	»	2,1	—
459	» 13,450	»	1,0	—
458	» 13,880	»	5,6	—
456	» 14,100	droite	1,6	—
455	» 14,200	gauche	2,3	—
454	» 14,210	droite	0,7	—
453	» 14,280	gauche	7,5	néant
457	Gare de Goppenstein (fontaine de la gare)		8,7	néant

TABLEAU II. — INDEX DES SOURCES

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées	
1	11 mai 1946	—	faible	198,08/540,52	Entrée de la mine
2	» » »	—	5	» »	
3	» » »	—	1500	» »	

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées	
4	11 mai 1946	—	5	198,08/540,52	Entrée de la mine
5	» » »	—	20	» »	
6	20 mai 1946	—	0,5	» »	
7	» » »	—	2	» »	
8	» » »	—	1500	» »	
9	» » »	—	3000	» »	
10	» » »	—	5	» »	
11	» » »	—	3	» »	
12	3 juill. 1946	6,5	100	214,7/556,5	
13	» » »	5,5	100	214,3/556,3	
14	» » »	5,5	40	» »	
15	» » »	5,5	60	» »	
16	» » »	5	40	— —	
17	30 juill. 1946	14,5	0,2	179,23/543,13	
18	» » »	10,5	1	179,20/543,11	
19	» » »	13	3	179,39/543,08	
20	» » »	12	5	» »	
21	» » »	10	4	» »	
22	» » »	9,5	2	179,30/542,93	
23	9 août 1946	13	0,3	248,73/580,24	
24	» » »	12,5	0,2	248,95/580,05	
25	7 sept. 1946	14	3000	292,08/682,72	
26	» » »	14	1	292,05/682,90	
27	» » »	14,5	2000	290,92/682,21	
28	» » »	13	12	290,58/682,00	
29	» » »	15	1000	289,58/680,75	
30	» » »	12,5	1000	289,10/680,57	
31	» » »	14	2000	288,86/680,30	
32	» » »	15,5	eau stagnante	286,28/680,10	
33	18 sept. 1946	9,5	trop plein	85,5 /716,06	
34	» » »	11,5	2,5	» »	
35	» » »	9,5	40	» »	
36	» » »	10	6	85,0 /715,83	
37	20 sept. 1946	13,5	0,1	111,45/709,0	
38	2 oct. 1946	14	18	250,27/582,74	
39	» » »	14,5	1	249,63/582,18	
40	» » »	13,5	1	249,72/581,36	
41	» » »	13,5	5	249,66/581,07	
42	» » »	20,5	eau stagnante	249,63/580,08	
43	» » »	12	1	248,95/580,05	
44	» » »	12	0,2	248,73/580,24	
45	3 oct. 1946	12	0,7	247,88/578,32	
46	» » »	14	0,2	248,02/578,18	
47	16 oct. 1946	7,5	eau stagnante	179,58/543,28	
48	» » »	10	1	179,20/543,11	
49	» » »	10,5	5	179,23/543,13	
50	» » »	9,5	7	179,39/543,08	
51	» » »	10,5	4	» »	
52	» » »	10,5	5	» »	
53	» » »	9,5	10	» »	
54	» » »	10	8	» »	

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
55	16 oct. 1946	10	6	179,39/543,08
56	» » »	9	4	179,30/542,93
57	» » »	11,5	10	180,18/542,44
58	» » »	11,5	réservoir	180,14/542,45
59	» » »	12,5	3,5	180,63/541,75
60	» » »	11,5	5	180,62/541,78
61	5 déc. 1946	8,5	9	179,19/542,84
62	23 déc. 1946	3	10	114,80/704,45
63	» » »	7,5	2,5	114,70/704,50
64	» » »	3,5	citerne	115,6 /706,22
65	» » »	9,5	20	115,55/706,25
66	» » »	11,5	3	115,58/705,84
67	» » »	7	1	115,55/705,74
68	» » »	9,5	0,5	115,50/705,64
69	» » »	8	réservoir	115,55/705,45
70	» » »	7,5	0,2	115,4 /705,0
71	24 déc. 1946	11	40	115,44/702,15
72	23 déc. 1946	11	5	114,78/704,18
73	24 déc. 1946	6	20	115,50/702,0
74	» » »	13,5	15	114,5 /702,6
75	» » »	13,5	25	114,20/703,13
76	» » »	12	4,5	114,5 /703,55
77	18 avril 1947	10,5	750	137,9 /551,75
78	» » »	9	2	137,45/552,6
79	» » »	9	300	135,95/556,1
80	» » »	8,5	750	134,55/556,2
81	» » »	9	2500	131,8 /557,1
82	» » »	9	1500	131,05/557,65
83	» » »	8,5	1000	130,7 /558,1
84	» » »	5,5	3000	130,6 /558,4
85	19 avril 1947	9,5	70	132,9 /557,5
86	» » »	9	250	133,5 /557,1
87	» » »	9,5	1000	129,4 /558,8
88	» » »	9,5	1000	129,2 /559,45
89	» » »	9,5	30	128,9 /559,8
90	» » »	11	lac	127,55/559,05
91	» » »	9	lac	127,7 /559,05
92	» » »	8,5	20	125,95/559,9
93	7 mai 1947	15	robinet	122,4 /568,3
94	» » »	9,5	»	» »
95	» » »	13	»	123,3 /568,45
96	» » »	9,5	»	117,0 /567,6
97	» » »	45	puits	116,65/567,95
98	8 mai 1947	43	600	127,8 /637,2
99	» » »	17	1500	127,9 /637,35
100	» » »	13	300	127,95/637,45
101	» » »	12	5	129,1 /615,97
102	» » »	12	2500	129,18/615,94
103	» » »	11	3	129,55/615,25
104	» » »	12	1500	130,1 /614,9
105	» » »	43	30	136,35/614,35
106	9 mai 1947	13	100	136,5 /614,25

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
107	9 mai 1947	45	15	136,35/614,35
108	28 mai 1947	13	pompage	252,18/655,04
109	» » »	30,5	puits	256,6 /654,75
110	» » »	14	100	249,35/637,6
111	» » »	14	100	» »
112	» » »	14	100	» »
113	» » »	14	puits	249,3 /637,7
114	27 juill. 1947	4,5	40	104,9 /604,05
115	» » »	6	2,5	104,8 /603,5
116	» » »	5,5	2	104,57/603,67
117	» » »	7	2,5	103,35/604,50
118	» » »	15,5	250	103,5 /604,5
119	» » »	8	25	104,07/604,52
120	16 août 1947	23,5	400	110,43/579,35
121	» » »	25	150	114,6 /580,6
122	13 sept. 1947	8,5	1	103,52/724,86
123	» » »	5,5	2	102,72/725,52
124	14 sept. 1947	12	12	92,28/719,49
125	15 sept. 1947	14	5	78,89/716,80
126	» » »	14	5	78,89/716,80
127	» » »	13	5	78,93/716,75
128	14 nov. 1947	7	29,5	— —
129	27 janv. 1948	6	—	195-197/751-752
130	» » »	5	—	197-198/750-752
131	» » »	7,5	—	199/754
132	» » »	37	—	204/755,9
133	28 janv. 1948	5	—	198,5-199/754-754,5
134	» » »	6	—	199-200/753-755
135	» » »	5	—	» » » »
136	» » »	6	—	195-197/751-752
137	» » »	6	—	197-198/752-753
138	» » »	3,5	—	198-199/753-754
139	7 juin 1948	10	7	199,86/621,23
140	8 juin 1948	6	0,3	178,25/601,35
141	» » »	5,5	réservoir	» »
142	» » »	8,5	1,5	178,10/600,80
143	» » »	11	10	178,90/600,54
144	» » »	9,5	5	180,68-599,25
145	» » »	5,5	12	173,48/598,08
146	» » »	5	500	173,63/598,28
147	» » »	8	5	175,52/594,42
148	» » »	9	0,5	175,50/594,43
149	16 juin 1948	10	5	168,30/620,35
150	» » »	11,5	réservoir	177,1 /606,2
151	» » »	12,5	7	177,7 /606,3
152	17 juin 1948	16	robinet	168,5 /602,1
152 *a*	22 oct. 1948	—	robinet	» »
153	17 juin 1948	9	50	168,1 /602,4
154	» » »	8	réservoir	144,8 /599,7
155	» » »	9	7	» »
156	» » »	9	10	» »
157	» » »	12,5	robinet	144,75/599,8

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
158	17 juin 1948	11	robinet	144,75/599,8
159	» » »	13	»	» »
160	» » »	7,5	1,5	166,22/618,15
161	18 juin 1948	10	8	152,4 /610,75
162	17 juin 1948	12	75	143,9 /599,6
163	25 juin 1948	3	30	154,7 /602,5
164	» » »	4	15	154,3 /602,5
165	28 juill. 1948	10	100	249,22/632,08
166	» » »	8	50	249,95/632,73
167	» » »	8,5	0,5	250,00/632,97
168	» » »	9,5	20	247,90/631,70
169	» » »	9,5	20	247,83/631,70
170	» » »	12,5	35	250,57/631,21
171	» » »	10	20	255,4 /630,7
172	» » »	10	10	255,8 /629,2
173	» » »	11	15	» »
175	29 juill. 1948	9,5	5	255,62/626,63
176	» » »	11	50	257,3 /629,4
177	» » »	10	20	257,18/624,08
178	» » »	11	50	257,00/624,03
179	» » »	11	réservoir	257,00/624,10
180	» » »	10	50	256,60/625,10
181	11 août 1948	13,5	ensemble 1500	157,29/670,71
182	» » »	14,5		» »
183	» » »	4	1500	157,66/672,24
183 *a*	12 août 1948	—	fontaine	148,77/663,50
184	» » »	6	10	150,70/666,17
185	» » »	6	5000	150,72/667,70
186	» » »	6	100	153,83/670,86
187	» » »	6,5	20	» »
188	» » »	6,5	500	153,69/671,02
189	» » »	7	150	153,66/671,18
189 *a*	13 août 1948	7,5	robinet	148,83/663,40
190	» » »	9	150	151,04/666,22
191	» » »	5,5	100	151,48/668,25
192	» » »	5,5	8	151,35/668,37
193	» » »	6	1000	149,86/662,37
194	» » »	5	1000	150,08/662,07
195	» » »	5,5	4000	150,05/661,95
196	14 août 1948	7	15	134,58/657,01
197	» » »	7	2000	135,52/658,18
198	» » »	6,5	trop plein	135,60/658,21
199	» » »	9	80	136,08/659,84
200	» » »	7,5	500	135,92/659,77
201	» » »	8	3	135,87/659,61
201 *a*	» » »	—	robinet	135,07/657,48
201 *b*	» » »	—	fontaine	135,00/657,39
202	15 août 1948	9	réservoir	140,4 /652,7
203	» » »	10,5	50	139,66/653,48
204	» » »	11,5	7000	134,08/646,41
205	16 août 1948	9	trop plein	134,43/641,87
206	» » »	7,5	100	134,52/641,75

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
207	16 août 1948	6	50	134,85/641,15
208	» » »	7	25	134,60/641,30
209	» » »	9	20	133,47/641,59
210	» » »	7,5	50	132,73/642,11
211	» » »	8,5	trop plein	132,37/641,88
212	» » »	10,5	trop plein	131,86/641,80
213	17 août 1948	12,5	réservoir	130,82/642,41
214	» » »	11,5	1	130,76/642,09
215	» » »	11	10	130,98/641,86
216	» » »	13	réservoir	131,08/642,72
216 *a*	15 août 1948	--	robinet	129,6 /642,4
216 *b*	» » »	—	fontaine	» »
213 *c*	17 août 1948	—	fontaine	130,6 /642,3
217	» » »	12	25	131,13/643,25
218	» » »	12,5	pompe	131,48/644,13
219	» » »	11	5	132,40/643,26
221	31 août 1948	12	20	—
222	» » »	12	50	—
223	» » »	10	robinet	129,6 /563,9
224	1er sept. 1948	9,5	20	116,57/588,98
225	» » »	11	100	116,62/590,73
226	» » »	10,5	1000	116,40/590,74
227	» » »	21,5	100	103,30/573,59
228	» » »	17	fontaine	103,28/572,78
229	2 sept. 1948	10	50	114,58/556,36
230	» » »	8	30	113,17/555,48
231	» » »	9	10000	111,68/554,58
232	» » »	6,5	10000	117,55/551,83
233	3 sept. 1948	8	20	120,98/555,27
234	» » »	6,5	800	121,50/554,75
235	» » »	7	80	121,97/554,28
236	» » »	7,5	150	120,36/554,47
237	15 sept. 1948	13	10	237,6 /630,7
238	» » »	12	trop plein	251,39/646,29
239	» » »	13,5	520	253,54/645,03
240	» » »	15	400	» »
241	» » »	8,5	30	253,00/644,57
242	» » »	8,5	30	» »
243	» » »	12	fontaine	253,77/646,22
244	» » »	9,5	20	252,95/649,59
245	» » »	14,5	fontaine	253,22/649,37
246	» » »	14	fontaine	253,30/649,43
247	» » »	11,5	réservoir	255,7 /649,8
248	16 sept. 1948	13,5	150	254,96/646,04
249	» » »	13	fontaine	254,93/646,03
250	» » »	9	50	254,47/645,83
251	» » »	9,5	25	254,27/646,39
252	» » »	12,5	puits	258,9 /647,1
253	» » »	11,5	20	261,50/648,20
255	» » »	12	réservoir	260,61/648,18
256	» » »	14	10	261,71/647,71
257	» » »	11,5	350	261,03/647,70

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
258	16 sept. 1948	10,5	200	259,89/642,63
259	» » »	10	80	260,68/643,64
260	» » »	11,5	20	261,27/644,02
261	» » »	11	20	» »
262	» » »	12	robinet	261,98/645,37
263	» » »	14,5	30	263,46/643,60
264	» » »	12,5	réservoir	265,54/646,53
265	17 sept. 1948	8,5	30	267,23/647,08
266	» » »	10,5	réservoir	265,33/638,84
267	» » »	10	180	265,51/638,48
268	» » »	11,5	trop plein	264,37/641,21
269	» » »	11	600	264,44/641,11
270	» » »	10,5	300	265,71/635,48
271	» » »	12	10	266,20/634,96
272	» » »	11,5	200	263,62/633,97
273	» » »	12,5	150	263,62/633,97
274	» » »	11,5	150	» »
275	» » »	12	20	264,52/632,84
276	» » »	12	200	264,52/632,84
277	» » »	10	50	265,65/630,94
278	9 oct. 1948	12	fontaine	250,69/740,10
279	» » »	14,5	robinet	» »
280	» » »	10	robinet	244,13/746,10
281	» » »	11	fontaine	» »
282	» » »	11,5	robinet	241,82/750,78
283	» » »	6,5	5000	239,54/750,46
284	» » »	12,5	500	238,92/750,53
285	10 oct. 1948	9,5	6	256,34/760,53
286	» » »	10	0,7	256,16/760,18
287	11 oct. 1948	11,5	réservoir	252,57/763,17
288	» » »	10,5	étang	244,05/759,95
289	» » »	10,5	20	242,97/759,41
290	» » »	10	fontaine	242,09/758,97
291	» » »	10	réservoir	239,63/757,47
292	» » »	10,5	800	242,03/760,42
293	» » »	14	20	201,57/760,05
294	12 oct. 1948	11,5	fontaine	189,90/754,07
294 *a*	17 oct. 1948	11,5	30	190,1 /753,9
295	12 oct. 1948	9,5	fontaine	190,31/754,97
296	» » »	10	pompage	193,97/759,35
297	» » »	10,5	200	194,38/758,93
298	» » »	11	50	» »
299	» » »	8,5	12	194,22/758,83
300	13 oct. 1948	5,5	2000	219,80/727,60
301	» » »	9,5	20	220,27/730,43
302	» » »	10	fontaine	220,17/730,33
303	» » »	10,5	10	219,69/731,48
304	14 oct. 1948	6	1000	214,72/731,61
305	» » »	8	2	215,15/731,49
306	» » »	5	1,5	214,69/730,72
307	» » »	8,5	fontaine	213,29/729,50
308	» » »	3,5	15	212,78/729,98

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées	
309	14 oct. 1948	5	8	213,37/730,58	
310	» » »	5	15	213,93/731,77	
311	» » »	6,5	80	211,92/731,02	
312	15 oct. 1948	3,5	8	211,92/733,31	
313	» » »	4,5	1000	213,45/733,34	
314	» » »	7,5	150	216,89/734,12	
315	» » »	10	0,8	217,40/734,51	
316	11 oct. 1948	20	5	222,49/754,81	
317	» » »	—	trop plein	213,3 /749,0	Village
318	» » »	—	6	» »	Village
319	» » »	—	50	» »	Village
320	12 oct. 1948	—	robinet	257,90/763,08	
321	20 oct. 1948	—	400	— —	
322	22 oct. 1948	—	—	168,5 /602,1	
323	24 nov. 1948	8	4	147,92/560,71	
324	20 déc. 1948	9,5	15	198,77/612,15	
325	» » »	8,5	fontaine	198,71/612,18	
326	» » »	7,5	15	187,42/619,97	
327	» » »	9,5	2	183,50/637,89	
328	» » »	1,5	0,1	» »	
329	21 déc. 1948	7	0,05	187,29/644,31	
330	» » »	5	robinet	185,94/645,38	
331	» » »	4	1	187,25/644,56	
332	» » »	9,5	50	200,10/644,18	
333	» » »	11,5	14	229,28/647,88	
334	22 déc. 1948	9	réservoir	225,78/627,05	
335	» » »	7,5	robinet	225,82/626,90	
336	» » »	8,5	20	234,42/652,85	
337	» » »	9,5	5	234,40/652,92	
338	» » »	14,5	1000	230,86/610,34	
339	23 janv. 1949	1,5	20	117,76/487,67	
340	» » »	1,5	puits	117,28/487,09	
341	» » »	1	fosse stagnante	117,33/487,17	
342	31 janv. 1949	11,5	robinet	180,50/539,70	
343	» » »	2,5	fontaine	180,33/539,70	
344	» » »	10,5	10	181,58/536,90	
345	» » »	12,5	25	181,60/536,88	
346	» » »	12	trop plein	181,75/536,55	
347	» » »	11	2500	181,84/535,36	
348	» » »	10,5	3000	181,80/535,30	
349	» » »	10,5	trop plein	181,0 /534,5	
350	» » »	7	10	177,66/531,45	
351	» » »	7,5	30	177,68/528,72	
352	» » »	8,5	5	177,83/528,80	
353	» » »	9,5	200	178,3-178,5/528,6-528,8	
354	» » »	9,5	250	» » » »	
355	» » »	10	100	» » » »	
356	» » »	8,5	100	177,55/529,68	
357	» » »	9,5	200	177,63/529,74	
358	1er févr. 1949	10	10	176,05/530,8	
359	» » »	5,5	15	175,78/530,24	
360	» » »	9	5	175,67/528,50	

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
361	1er févr. 1949	9,5	1500	175,67/527,80
362	» » »	9	1000	175,74/527,93
363	» » »	7,5	réservoir	175,48/530,05
364	» » »	7,5	trop plein	167,55/530,1
365	» » »	9,5	3	168,12/530,1
366	» » »	7,5	3	167,66/530,51
367	» » »	6,5	suintements	168,0 /530,9
368	» » »	11	fontaine	166,96/531,10
369	» » »	9,5	40	168,1 /532,95
370	» » »	11,5	pompage	167,65/532,35
371	» » »	8	fontaine	167,66/532,07
372	2 févr. 1949	4	10	172,37/533,80
373	» » »	9,5	2	172,34/533,71
374	» » »	9,5	5	171,98/534,18
375	» » »	5	trop plein	171,13/534,34
376	» » »	7,5	5	171,68/534,71
377	» » »	5	15	169,13/533,50
378	» » »	1,5	1	169,20/533,58
379	» » »	8,5	2	168,73/533,17
380	» » »	6,5	10	168,80/532,63
381	» » »	8,5	pompage	168,30/531,45
382	» » »	7	puits	» »
383	» » »	5,5	15	168,08/535,08
384	» » »	6,5	15	168,68/535,08
385	» » »	8,5	5	169,07/535,04
386	17 févr. 1949	8	puits	161,08/518,19
387	» » »	4,5	80	161,9 /518,37
388	» » »	4,5	100	» »
389	» » »	9	150	155,63/521,27
390	» » »	8,5	80	» »
391	» » »	7,5	puits	156,59/521,88
392	» » »	9,5	400	157,03/522,97
393	» » »	5	60	155,6 /514,35
394	» » »	6,5	10	» »
395	» » »	7	40	156,16/515,12
396	» » »	4	50	» »
397	» » »	9	15	» »
398	18 févr. 1949	6,5	50	147,25/510,43
399	» » »	6,5	40	149,0 /510,93
400	» » »	8	150	148,87/508,9
401	» » »	7,5	100	» »
402	» » »	7	15	141,45/501,07
403	» » »	8,5	1000	140,68/502,03
404	» » »	10,5	30	148,8 /517,15
405	» » »	8	trop plein	148,82/517,25
406	» » »	5	3	149,3 /517,75
407	» » »	7	eau stagnante	151,75/525,95
408	» » »	8,5	500	151,95/526,2
409	19 févr. 1949	8	30	148,67/551,55
410	» » »	9,5	100	» »
411	» » »	8	40	» »
412	19 févr. 1949	9,5	80	149,26/551,42

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
413	19 févr. 1949	8	10	154,45/545,74
414	» » »	9,5	réservoir	157,22/535,90
415	» » »	8,5	50	159,1 /532,9
416	» » »	8	80	159,67/532,58
417	29 mars 1949	7,5	50	185,20/555,23
418	» » »	9	60	185,24/555,29
419	» » »	8,5	15	184,38/550,85
420	» » »	7,5	10	184,38/550,85
421	» » »	7,5	16	183,93/550,57
422	» » »	8	5	» »
423	» » »	8	15	184,30/550,70
424	» » »	5,5	1,5	» »
425	» » »	7,5	réservoir	191,1 /560,0
426	» » »	11,5	pompage	190,0 /562,2
427	» » »	8	réservoir	191,4 /562,1
428	» » »	7	32	197,50/566,97
429	» » »	9,5	15	197,8 /567,4
430	» » »	8,5	92	197,9 /567,4
431	» » »	10,5	70	200,46/573,03
432	» » »	9,5	20	200,67/573,05
433	» » »	8	6	» »
434	2 avr. 1949	9	fontaine	205,0 /559,9
435 à 445, voir page 298.				
446	7 avr. 1949	6,5	12	152,05/684,85
447	» » »	5	30	151,9 /684,4
448	» » »	5,5	10	153,65/689,8
449 à 462, voir pages 298-99.				
463	20 avr. 1949	8,5	40	208,88/572,52
464	» » »	10,5	280	207,72/584,58
465	» » »	11	5	215,1 /585,2
466	» » »	9	2	214,0 /585,6
467	» » »	8,5	3	» »
468	» » »	9,5	10	214,6 /584,7
469	» » »	10,5	pompage	208,00/584,13
470	» » »	8,5	60	208,37/577,62
471	» » »	9	40	» »
472	» » »	9	20	209,34/578,73
473	» » »	8,5	7	» »
474	» » »	9	pompage	214,7 /589,7
475	» » »	8,5	650	209,58/593,88
476	» » »	9	180	209,60/593,84
477	» » »	9,5	25	209,58/593,72
478	» » »	8,5	70	» »
479	» » »	9	35	209,48/593,78
480	21 avr. 1949	10	500	225,1 /592,2
481	» » »	10,5	fontaine	222,2 /591,27
482	» » »	10,5	50	222,4 /591,6
483	» » »	9,5	pompage	220,5 /593,4
484	» » »	8	15	219,7 /593,5
485	» » »	8,5	70	» »

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
486	21 avr. 1949	10,5	robinet	227,6 /596,9
487	» » »	8,5	250	229,4 /601,2
488	» » »	9,5	400	» »
489	» » »	9	120	225,44/604,57
490	» » »	8	60	225,33/604,39
491	» » »	8,5	240	225,21/604,41
492	» » »	9	1040	223,3 /599,7
493	8 juill. 1949	7	40	176,6 /673,0
494	» » »	11,5	10	176,95/672,85
495	» » »	6	fontaine	177,75/679,95
496	» » »	8,5	»	175,7 /685,2
497	» » »	9	»	173,6 /688,9
498	» » »	8,5	»	167,47/695,20
499	» » »	9	»	167,85/697,20
500	8 juill. 1949	7,5	fontaine	173,76/708,36
501	» » »	9,5	»	176,28/714,64
502	» » »	9,5	»	177,06/716,14
503	» » »	12	100	171,66/716,60
504	» » »	10	fontaine	171,80/716,20
505	» » »	10	»	173,93/715,80
506	» » »	9	»	177,93/718,05
507	» » »	8	»	179,33/723,84
508	» » »	12	»	182,0 /734,7
509	9 juill. 1949	7	»	180,4 /779,2
510	» » »	6	1400	187,4 /784,7
511	» » »	5	2000	» »
512	» » »	6	1750	186,7 /782,2
513	» » »	7	robinet	184,8 /781,8
514	» » »	5,5	15	182,8 /791,1
515	» » »	7	40	180,6 /792,0
516	» » »	4	10	180,3 /795,0
517	» » »	7	1	174,9 /806,4
518	» » »	9,5	fontaine	173,4 /808,4
519	» » »	5,5	2	171,2 /815,1
520	» » »	4,5	10	170,8 /815,8
521	» » »	5,5	10	169,2 /815,7
522	10 juill. 1949	9	10	147,3 /780,3
523	» » »	7	2	146,4 /779,7
524	» » »	6,5	3	143,6 /775,7
525	» » »	5	20	140,0 /774,6
526	» » »	7	robinet	140,1 /774,2
527	» » »	4,5	fontaine	140,8 /773,1
528	» » »	4	10	140,7 /772,5
529	» » »	6	fontaine	138,5 /771,1
530	» » »	5,5	»	136,5 /769,5
531	11 août 1949	18	»	121,2 /725,4
532	» » »	18	»	122,2 /728,6
533	» » »	15	»	123,28/731,68
534	» » »	13	»	125,6 /733,3
535	» » »	16	fontaine	130,4 /735,3
536	» » »	12	»	136,3 /737,2
537	» » »	9,5	»	139,6 /737,9

N°	Date de la prise	Température eau	Débit Litres/min.	Coordonnées
538	11 août 1949	6,5	3	142,4 /737,4
539	» » »	20	fontaine	115,95/719,56
540	» » »	19	»	119,38/723,60
541	» » »	16	»	123,16/722,08
542	» » »	18,5	»	128,92/718,78
543	» » »	18,5	»	128,75/719,78
544	12 août 1949	14,5	»	140,8 /718,0
545	» » »	13	robinet	144,4 /716,4
546	» » »	25	200	145,9 /715,6
547	» » »	8,5	fontaine	149,5 /716,3
548	» » »	13	»	151,25/716,10
549	» » »	6,5	40	154,3 /715,7
550	» » »	14	250	157,4 /714,1
551	» » »	10,5	50	157,5 /715,5
552	» » »	9,5	fontaine	153,6 /712,7
553	» » »	12	»	149,1 /715,05
555	» » »	12	robinet	140,0 /718,8
556	» » »	19	trop plein	138,4 /718,2
557	13 août 1949	11,5	2	139,2 /713,6
558	» » »	10,5	fontaine	140,1 /712,5
559	» » »	7	3	140,5 /712,2
560	16 août 1949	9	fontaine	144,4 /707,6
561	» » »	11,5	»	149,0 /703,85
562	21 févr. 1949	—	—	— —
563	22 sept. 1949	4	3	181,850/715,600
564	» » »	8	1	182,100/716,200

Sources prélevées dans les tunnels

N°	Date la prise	Temp. eau	Débit Litres/min.	Km. depuis l'entrée du tunnel	Coordonnées
435	6 avril 1949	14,5	0,25	2,665 (g.)	165,95/688,25
436	» » »	12,5	0,5	2,769 (g.)	165,85/688,25
437	» » »	13,5	0,2	2,890 (g.)	165,75/688,25
438	» » »	17,5	gouttes	6,200 (g.)	162,40/688,57
439	» » »	19,5	0,25	10,200 (g.)	158,40/688,90
440	» » »	21,5	0,2	11,000 (g.)	157,59/688,97
441	» » »	18,5	2	12,140 (g.)	156,45/689,07
442	» » »	18,5	10	12,140 (d.)	» »
443	» » »	10,5	150	13,730 (g.)	154,89/689,21
444	» » »	9	40	13,900 (d.)	154,70/689,22
445	» » »	8	15	14,130 (d.)	154,48/689,25

Remarque: Le Km. zéro est à l'entrée côté Göschenen
(g.) à gauche
(d.) à droite

449	12 avril 1949	8,5	10	1,450 (g.)	146,22/618,25
450	» » »	14,5	0,2	5,430 (g.)	144,01/621,11
451	» » »	19	0,5	6,020 (g.)	143,44/621,24
452	» » »	27,5	1	8,480 (g.)	141,28/621,72
453	» » »	8	5	14,280 (g.)	135,68/624,12

N°	Date de la prise	Temp. eau	Débit Litres/min.	Km. depuis l'entrée du tunnel	Coordonnées
454	12 avril 1949	7,5	3	14,210 (d.)	135,75/624,07
455	» » »	7,5	30	14,200 (g.)	135,78/624,06
456	» » »	7,5	10	14,100 (d.)	135,85/624,02
457	» » »	6,5	fontaine Goppenstein		135,15/624,33
458	» » »	7,5	3	13,880 (g.)	136,01/623,93
459	» » »	12	6	13,450 (g.)	136,40/623,71
460	12 avril 1949	19,5	15	12,340 (g.)	137,37/623,18
461	» » »	18,5	0,8	11,690 (g.)	137,96/622,86
462	» » »	20,5	3	10,920 (g.)	138,65/622,46

Remarque : Le Km. zéro est à l'entrée côté Kandersteg
(g.) à gauche
(d.) à droite

TABLEAU III. — SOURCES SUISSES ANALYSÉES PAR D'AUTRES AUTEURS

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Auteur
	Grisons.		
	Alveneu-Bad (Abdula).		
601	*a*) Untere Quelle	14	Nussberger-His
602	*b*) Obere Quelle	7	» »
603	Andeer (Hinterrheintal)	12	» »
605	Bergün (Albulatal), Ova Cotschna . .	8,4	Husemann
610	Fideris (Prättigau)	2,2	Nussberger-His
	Passugg.		
616	*a*) Die Helenenquelle	2,0	Nussberger
617	*b*) Ulricusquelle	3,1	Treadwell
618	*c*) Fortunatusquelle	2,5	Nussberger
619	*d*) Belvedraquelle	2,4	Treadwell
	Peiden-Bad (Valsertal),		
620	*a*) Luziusquelle	10	Nussberger
621	*b*) Badequelle	2,1	Nussberger-His
622	*c*) Die subthermale Frauenquelle . . .	2,3	» »
623	Rhäzüns (Domleschg)	3,3	» »
628	Rothenbrunnen (Hinterrhein)	2,9	» »
629	San Bernardino	21	Treadwell
	Saint-Moritz.		
630	*a*) « Ova Cotschna » ou Mauritiusquelle .	4,1	Nussberger-His
631	*b*) Paracelsusquelle	5,1	» »
632	*c*) Die Surpuntquelle	5,5	Treadwell

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Auteur
	Schuls (Unterrengadin).		
633	*a*) Die Wyquelle	2,9	Planta
634	*b*) Die Sotsassquelle	3,6	»
636	Serneus (Landquart)	4,0	Husemann
637	Spinabad (Landwasser)	1,6	Mühle
	Tarasp-Schuls-Vulpera (Unterengadin).		
638	*a*) Die Luziusquelle	6,9	Treadwell
639	*b*) Die Emeritaquelle	3,3	»
640	*c*) Die Bonifaciusquelle	0,7	»
641	*d*) Die Carolaquelle	4,0	Husemann
642	Tomils (Domleschg)	1,5	Nussberger
	Vals (Valserrhein).		
643	*a*) Obere Quelle	2,2	Nussberger
644	*b*) Untere Quelle	2,2	»
	Val Sinestra (Unterengadin).		
645	*a*) Die Ulrichquelle	2,2	Nussberger
646	*b*) Die Thomasquelle	2,2	»
647	*c*) Die Conradinquelle	2,2	»
648	*d*) Die Johannquelle	2,2	»
649	Silvaplana (Engadin)	5,5	Husemann
650	Solis, Die Donatusquelle (Albula)	30	Planta
Argovie.			
604	Baden	1,1-4,7	Treadwell
606	Birmensdorf (Bitterwasser « Birmo »)	10	Hinden
	Rheinfelden.		
624	*a*) Die Sole	1,8	Treadwell
625	*b*) Die Kapuzinerquelle	0,9-3,5	Hallauer
651	Zurzach	14	Arni
Zurich.			
607	Eglisau	11	Baragiola
611	Gyrenbad (Turbental)	9,5	Treadwell
Glaris.			
608	Elm (Sernftal)	8,7	Lüscher
Bâle.			
609	Eptingen	4,0	Kreis
Schwyz.			
615	Ober Iberg (près d'Einsiedeln)	8,0	Keller
Saint-Gall.			
627	Rietbad (Obertoggenburg)	5,1	Nadler
Unterwald.			
635	Schwändi-Kaltbad (Ob. Sarnen)	2,2	Bolley-Schulz

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur	Auteur
Berne.			
626	Riedbad (Schwarzenburg)	12	Bürgi
652	Handeck (Kraftwerkbauten)	130	Huttenlocher
653	» »	150	»
654	» »	29	»
655	» »	15	»
656	» »	3,6	»
Vaud.			
	Henniez-les-Bains.		
612	*a*) Source nouvelle	6,9	Arragon
613	*b*) Source Espérance	7,3	»
614	*c*) Bonne fontaine	8,4	»

TABLEAU IV. — SOURCES ÉTRANGÈRES

Italie

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie/litre Teneur
700	Bormio (Valtellina)	800
701	Bognanco (Domodossola)	116
702	Trescore Balneario (S.-E. Chiasso)	22
703	Sirmione (Garda)	12
704	Abano (Padova)	28-53
705	Lago di Battaglia (Padova)	18-53
706	Anguillara (Padova)	18
707	San Stefano d'Istria (Venezia)	364
710	San Pellegrino (Lombardia)	24
711	Lurisia (Cuneo), W. Genova	11.466

France

720	Evian (Haute-Savoie)	7
721	Saint-Gervais (Haute-Savoie)	> 20
722	Brides-les-Bains (Savoie)	> 20
723	Aix-les-Bains (Savoie)	56
724	La Léchère (Savoie)	» 20
726	Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne)	187
727	Bains-les-Bains (Vosges)	120
728	Plombières (Vosges)	170
729	Luxeuil (Haute-Saône)	» 20
730	Bussang (Vosges)	85

Allemagne

741	Badenweiler (N. Bâle)	28-37
742	Rippoldsau (N.-E. Freiburg)	44

Tyrol

	Villnösstal bei Klausen.	
750	Villnösser Schlucht	362
751	Bad Froy	129

N° de l'échantillon	Nom de la source	10^{-10} curie-litre Teneur
	Umgebung von Meran.	
752	Rateis bei Völlau	78
754	Tscherms	137
755	Meran	41
763	Martelltal	49
	Pustertaler Gneiszone.	
779	Antholzer Tal	110
780	Tauferer Tal	43
	Bozner Quarzporphyrgebiet.	
753	Bozen	78
756	Bad Ratzes	65
764	Molten am Salten	28
765	Mitterbad in Ulten	25
	Umgebung von Mayrhofen.	
758	Mayrhofen	110
760	Stilluptal	59
781	Zemmgrund	43
759	Gerlostal	36
	Inn-Pitz-Piller Höhe.	
768	Piller bei Wenns	46
762	Arzl bei Imst	27
769	Schönwies	25
	Kellerjochgebiet.	
775	Grafenast	45
776	Wasser von Schwaz	38
777	Bixlegg	fort
	Autres régions.	
774	Bad Seefeld	84
770	Umhausen (Otztal)	73
772	Vent (Otztal)	41
773	Ranggerköfl	35
761	Silz	67
771	St. Leonhard	33
767	Bludenz, Vorarlberg	38

TABLEAU V. — RADIOACTIVITÉ DES ROCHES EN SUISSE

1. Bassin du Rhône

N° de l'échantillon	Lieu	Coordonnées	U.-Th. Teneur gr/tonne
	a) *Simplon.*		
95	Bru	116,67/647,6	6
96	»	116,70/647,9	13
97	»	116,78/647,88	traces
98	»	116,78/647,88	néant
99	»	116,9 /647,9	néant

N° de l'échantillon	Lieu	Coordonnées	U.-Th. Teneur gr/tonne
100	Sidegge	116,9 /647,62	néant
101	»	116,9 /647,5	5
102	»	116,92/647,22	4
103	Gletscher Sturtz	116,95/647,0	5
104	Knublen	117,5 /646,0	néant
105	Eggen	117,97/646,38	traces
	b) *Saas-Fée.*		
106	Saas-Fée	—	traces
	c) *Haudères.*		
66	La Sage	105,0 /605,37	néant
67	» »	105,0 /605,37	6
68	La Tour	105,2 /605,4	néant
69	» »	105,23/605,35	1
70	» »	105,75/605,35	1
71	» »	106,0 /605,28	1
72	La Coûta	103,05/603,75	2
73	» »	102,68/603,59	6
74	» »	102,77/603,85	4
75	» »	102,71/603,98	1
76	» »	102,69/604,11	1
77	» »	102,66/604,27	3
78	» »	102,66/604,27	10
79	» »	102,60/604,37	3
80	» »	102,59/604,38	7
81	Les Haudères-Arolla	102,58/604,46	12
82	» » »	102,80/604,70	6
83	» » »	102,88/604,74	1
84	La Nivaz	105,21/603,54	3
85	» »	105,19/603,59	3
86	Sud de Grand-Praz	104,61/603,56	12
87	» » » »	104,58/603,55	5
88	» » » »	104,50/603,52	9
89	» » » »	104,50/603,60	11
90	» » » »	104,20/603,60	12
91	La Crêta	104,00/603,58	traces
92	» »	103,83/603,79	5
93	» »	103,44/603,68	12
94	» »	103,23/603,66	traces
	d) *Morgins.*		
121	Morgins	120,1 /555,7	4

2. Jura

	a) *Genève.*		
116	Dardagny, Roulavaz	117,71/487,72	néant
117	» »	117,71/487,72	néant
118	Pont des Granges	119,43/488,97	néant

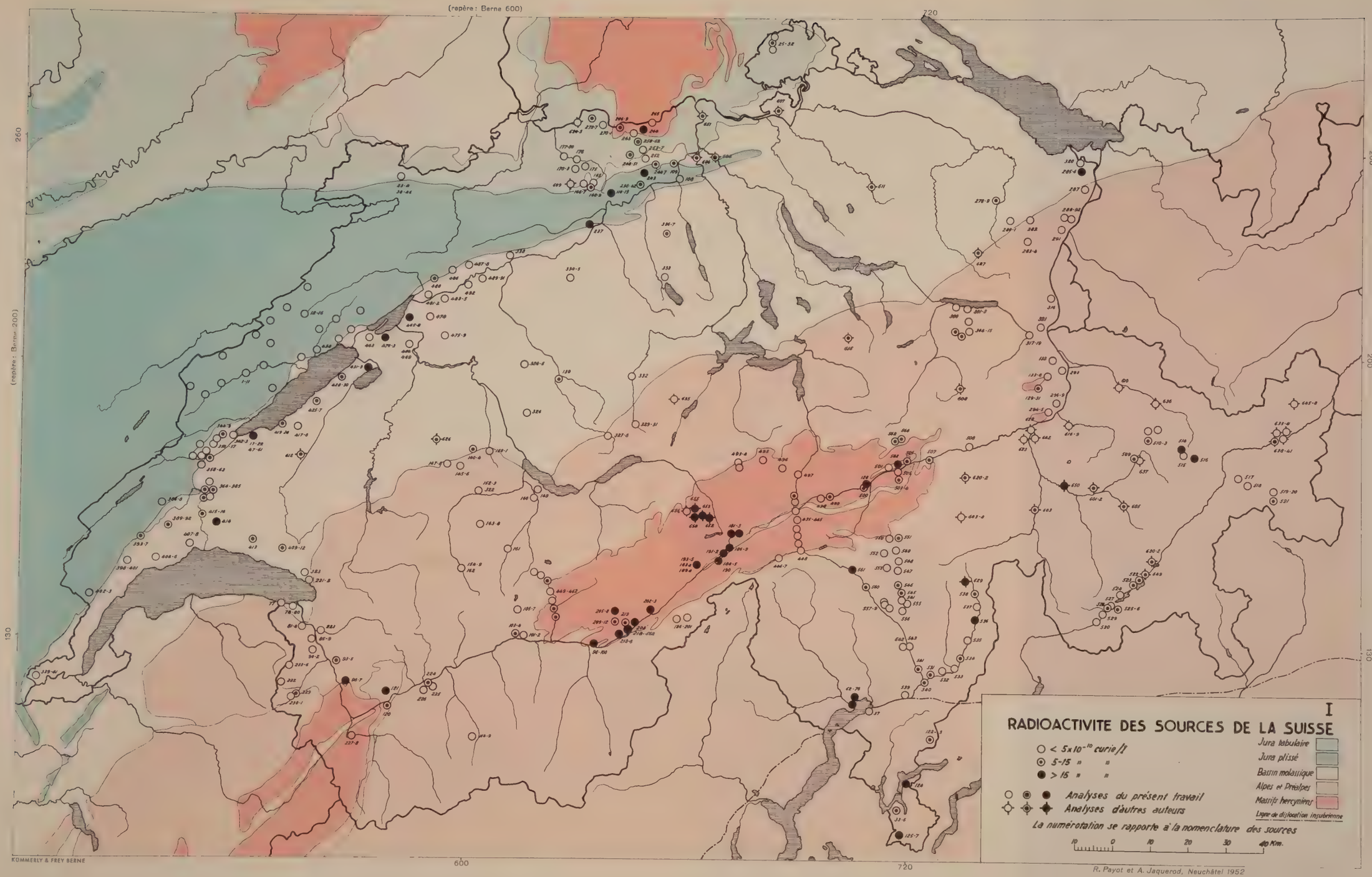
N° de l'échantillon	Lieu	Coordonnées	U.-Th. Teneur gr/tonne
	b) *Neuchâtel.*		
109	Boudry	env. 200,4/553,8	5
107	Val de Travers, Presta } entrée de la mine	198,08/540,52	néant
108	» » » » }	198,08/540,52	néant
	c) *Jura bernois, Mont-Terri.*		
25	Asuel	250,27/582,73	5
26	La Pâle	249,65/582,20	néant
27	» »	249,65/582,20	traces
28	Malcôte	249,65/581,09	5
29	Pommeret	249,63/580,08	néant
30	La Gypsière	249,0 /580,56	5
31	» »	249,0 /580,56	7
32	» »	249,0 /580,56	néant
33	S.-E. ferme de Mont-Terri	248,72/580,12	3
34	La Montagne	248,70/579,95	2
35	Ferme de Mont-Terri	249,0 /579,55	2
36	Schurf N° 3	248,38/578,25	7
37	» » 3	248,38/578,25	7
38	» » 4	248,42/578,30	8
39	» » 4	248,42/578,30	néant
40	» » 4	248,42/578,30	8
41	» » 7	247,88/578,32	néant
42	» » 7	247,88/578,32	5
43	» » 7	247,88/578,32	2
44	» » 2	248,09/578,20	6
45	» » 2	248,09/578,20	3
46	» » 2	248,09/578,20	8
47	» » 2	248,09/578,20	6
48	» » 2	248,09/578,20	7
49	» » 2	248,09/578,20	5
	d) *Beggingen (Schaffhouse).*		
1	Hohlgass	291,02/682,54	4
2	»	291,0 /682,48	néant
3	Hölderli	290,84/682,18	4
4 *a*	Siblinger Höhe	285,95/680,15	5
4 *b*	» »	285,95/680,15	traces
5	» »	286,28/680,10	néant
6	Im langen Tal	292,05/682,90	2
7	» » »	292,05/682,90	4
8	» » »	292,05/682,90	néant
9	Brunnenhof	290,58/682,00	3
10	Hintergwand	290,02/680,6	4
	3. Tessin		
	a) *Passo di San Jorio.*		
23	Passo di San Jorio	114,1 /731,4	néant
24	» » » »	114,32/730,87	néant

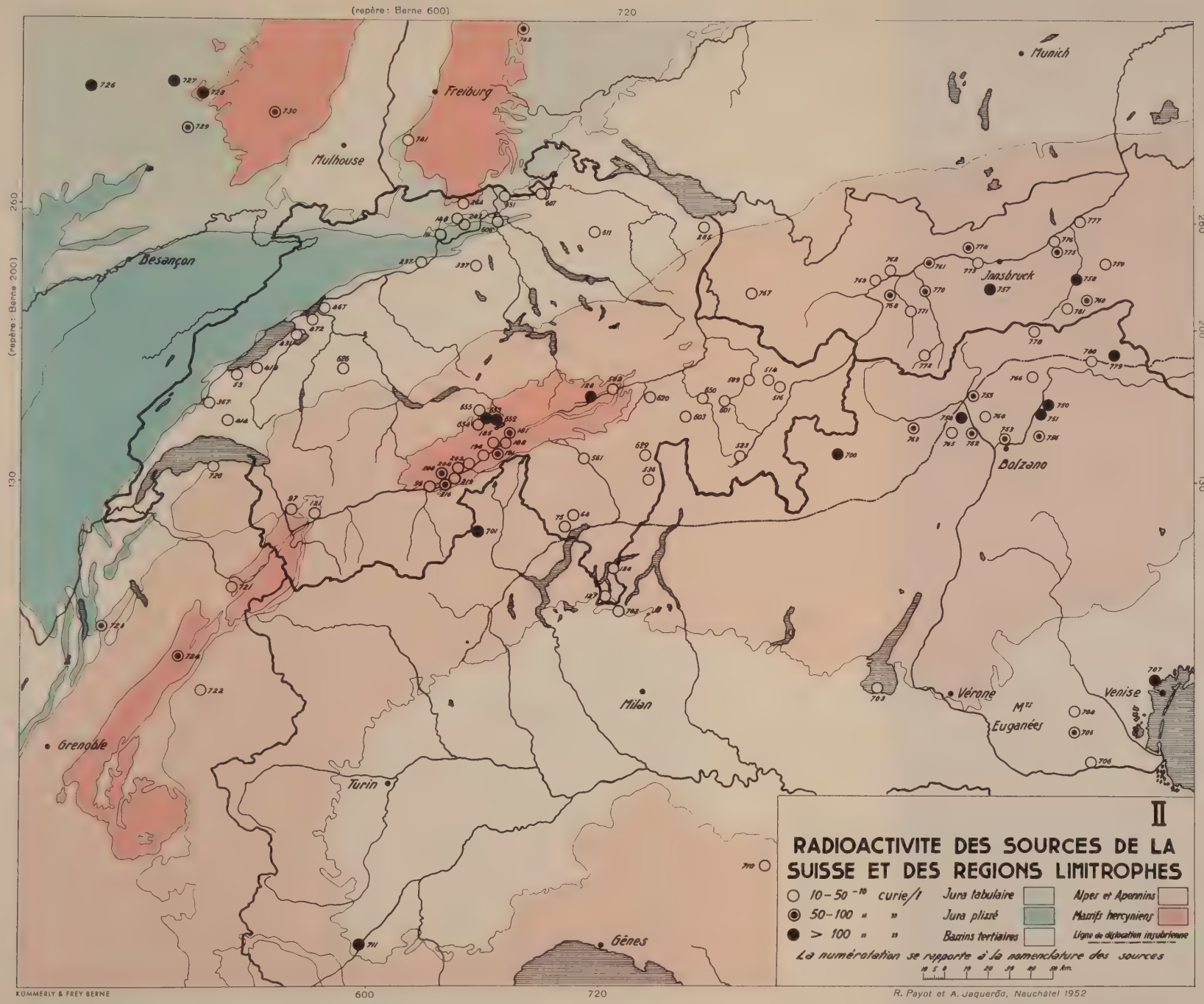
N° de l'échantillon	Lieu	Coordonnées	U.-Th. Teneur gr/tonne
	b) *Locarno.*		
50	Orselina, Kurhaus	env. 115,3/705,15	10
51	Brissago, Fabrique de tabac	» 108,6/698,4	15
52	» bord de la route	—	6
53	Solduno-Ponte Brolla (tunnel)	env. 115,0/702,2	10
54	Val Resa	—	6
	c) *Val Colla, Bogno.*		
110	Cima Pianca	102,82/725,47	14
111	» »	102,78/725,48	néant
	d) *Arogno.*		
112	San Vitale	91,26/719,75	4
113	Est de San Vitale	91,49/719,70	2
114	Cottima (carrière)	92,18/719,52	55
115	Mine de Sant'Evasio	92,28/719,49	41
	e) *San Giorgio.*		
11	Serpiano, Mine. Entrée de la mine	85,33/716,02	19
12	» » » » » »	» »	néant
13	» » » » » »	» »	21
14	» » » » » »	» »	20
55	» » » » » »	» »	12
56	» » » » » »	» »	34
57	» » » » » »	» »	néant
58	» » » » » »	» »	47
59	» » » » » »	» »	35
60	» » » » » »	» »	38
61	» » » » » »	» »	24
62	» » » » » »	» »	20
63	» » » » » »	» »	28
64	» » » » » »	» »	26
65	» » » » » »	» »	38
15	Serpiano, Strata del Valstelvi	—	16
16	Val Porina (minerale da testa)	—	30
17	Val Porina, minerale nuovo 1	—	26
18	Flanc est du San Giorgio, Dossi	env. 84,4/718,1	30
19	» » » » » »	» 84,3/718,1	52
20	» » » » » sur Albio	» 85,3/717,83	25
21	» » » » » » »	» 85,3/717,83	32
22	» » » » » » »	» 85,3/717,83	58

TABLEAU VI. — RADIOACTIVITÉ DE L'AIR ET DES GAZ EN SUISSE

N° de la mesure	Région	Coordonnées	Teneur 10^{-10} curie/litre
2	Cuarny, gaz de la flamme	180,35/543,71	4,2
	Jura bernois.		
3	Mont-Terri, S. de la Pâle	249,77/582,46	néant
4	» » E. » » »	249,82/582,51	néant
5	» » W. » » »	249,88/582,40	2,3

N° de l'échantillon	Région	Coordonnées	Teneur 10^{-10} curie/litre
6	Mont-Terni, Sur la croix, Schurf 1 . . .	248,08/577,77	4,0
7	» » » » » » 2 . . .	248,09/578,20	3,3
8	» » » » » En Méchamé .	247,96/578,30	1,0
	Tessin.		
10	Mine de Serpiano	85,33/716,02	0,9
11	Vira, gaz du lac	env. 111,4 /708,5	3,3
12	» gaz du marais	» 111,95/710,3	2,9
13	Tenero, mélange du gaz de l'usine . . .	» 114,5 /708,9	5,8
	Neuchâtel.		
14	Grands Marais	205,0 /569,3	néant


(repère: Berne 600)
720
260
(repère: Berne 200)
130
600
I
RADIOACTIVITE DES SOURCES DE LA SUISSE
< 5 x 10⁻¹⁰ curie/l
5-15 " "
> 15 " "
Analyses du présent travail
Analyses d'autres auteurs
La numérotation se rapporte à la nomenclature des sources
Jura tabulaire
Jura plissé
Bassin molassique
Alpes et Préalpes
Massifs hercyniens
Ligne de dislocation insubrienne
0 10 20 30 40 Km.
KOMMERLY & FREY BERNE
R. Payot et A. Jaquerod, Neuchâtel 1952


(repère: Berne 600)
720
260
200
130
(repère: Berne 200)
Munich
Freiburg
Mulhouse
Besançon
Innsbruck
Bolzano
Milan
Vérone
Venise
Mts Euganées
Grenoble
Turin
Gênes
600
720
KUMMERLY & FREY BERNE
II
RADIOACTIVITE DES SOURCES DE LA SUISSE ET DES REGIONS LIMITROPHES
10 – 50 $\cdot 10^{-10}$ curie/l
50 – 100 " "
> 100 " "
Jura tabulaire
Jura plissé
Bassins tertiaires
Alpes et Apennins
Massifs hercyniens
Ligne de dislocation insubrienne
La numérotation se rapporte à la nomenclature des sources
10 5 0 10 20 30 40 50 km.
R. Payot et A. Jaquerod, Neuchâtel 1952

CHAPITRE IV

PROSPECTION — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Seule l'analyse des sources donnera des indications suffisantes sur la distribution de la radioactivité en Suisse. Les analyses de roches et de gaz sont trop peu nombreuses pour que nous puissions établir une statistique pour le pays entier. En général, ces derniers résultats confirmeront ceux obtenus par l'étude de la radioactivité des sources.

1. PROSPECTION

Nous jugeons utile de donner dans la première partie de ce chapitre quelques indications générales sur la prospection.

Nous citerons pour chaque région les géologues ou les ouvrages qui nous ont guidés. Nous mettrons en évidence les sources présentant un intérêt particulier, les cartes permettant de situer leur cadre géologique. Nous laissons aux spécialistes, géologues et minéralogistes, le soin de tirer des conclusions, nous contentant de signaler quelques-uns de leurs commentaires dus pour la plupart à MM. Wegmann, Lagotala ou Portmann.

Pays molassique et pied du Jura

Cette région intéressante par les grès bitumineux et les sables molassiques sapropéliens de la région de Genève, par le sondage de Cuarny et par la zone du bassin molassique coincée entre les Alpes et le Jura avec les pointements urgoniens-hauteriviens du Mormont, d'Orbe, de Chevressy et du mont Chamblon [36], nous a été signalée par les professeurs Wegmann et Lagotala. En parlant du sondage de Peissy [37, p. 78] Lagotala conclut, en accord avec Heim: « Nous admettons que les grès bitumineux de la molasse de Genève sont en gisement primaire et dérivent de sables sapropéliens. Il n'y a pas lieu de rechercher en profondeur une roche mère ayant alimenté en bitumes les grès de la molasse. — Jung envisage la formation de roches mères sableuses comme suit: développement d'un plankton d'algues à la surface de lagunes, au débouché d'estuaires. Ce plankton, dans les conditions ordinaires, se sédimente lentement avec les vases, d'où formation d'argiles légèrement bitumineuses. Mais à certains moments un violent courant d'eau douce venu d'un estuaire peut ramasser la flore planktonique, la concentrant avec des sables pour former des sables sapropéliens évoluant en sables pétrolifères sous la protection des couches argileuses qui les recouvrent rapidement. »

Si la région de Genève n'a pas donné de résultats positifs, il faut signaler ceux obtenus à Romanel, nº 414, Eclépens, nº 366, Cuarny, nº 53, et au sud des lacs jurassiens. Remarquons que, d'après Brunner et Chavannes [6], les eaux de Romanel traversent des matériaux d'origine alpine, granits et gneiss, ce qui pourrait expliquer leur forte activité. N'oublions pas cependant, que la radioactivité de ces eaux situées dans le pays molassique devrait être déterminée par les terrains tertiaires.

Toutes les sources de Cuarny ont été étudiées et le gaz s'échappant de « la flamme » a montré une activité très nette [2, p. 12].

Perret et Jaquerod [52], qui ont étudié 150 sources dans le canton de Neuchâtel et le Seeland, trouvent une activité variant de 0 à 3,5 émans, alors que, des 55 échantillons que nous avons prélevés au sud des lacs de Neuchâtel et de Bienne, 20 dépassent le maximum trouvé par ces auteurs et 7 dépassent 10 émans. Cette nette séparation entre les rives nord et sud du lac de Neuchâtel mérite d'être signalée. Nous avons trouvé quelques sources dépassant 10 émans dans le Seeland, comme ce fut le cas au sud du lac de Neuchâtel.

Le long de l'Aar, relevons la présence de quelques sources intéressantes, spécialement dans la région molassique des environs d'Aarau (sables pétrolifères) [32] qui est la continuation des pointements molassiques de la Suisse orientale.

Nous avons ainsi trouvé une série de points intéressants dans la zone qui longe le pied du Jura, de Peissy jusqu'à Aaretränke.

Région du cours transversal de l'Aar.

Il fallait s'attendre à ne pas trouver de sources très actives dans la zone molassique du Plateau. Selon les indications reçues du professeur Rutsch, la plupart des eaux de cette région sont superficielles ou sortent de terrains tertiaires et quaternaires. Nous avons prospecté cette région en suivant un profil transversal corespondant approximativement au cours de l'Aar. Les résultats ont confirmé ces suppositions.

Molasse subalpine.

La zone de la Molasse subalpine est caractérisée par un régime des eaux qui diffère de celui des eaux du plateau. Cette région va de l'Emmental jusqu'au Rhin saint-gallois près de Walzenhausen et Balgach. (N^{os} 324-332, 279-284, 285-287, 320, 627, 611.) A part les eaux de Walzenhausen, n^{o} 285 (15 émans) et celles de Gyrenbad, n^{o} 611 (10 émans), nous n'avons pas trouvé de sources intéressantes.

Jura.

Dans cette région, les géologues et les chercheurs suédois d'Uranium s'intéressèrent aux schistes bitumineux du Lias supérieur du Mont-Terri [14; 30; 31; 53; 56; 58] et aux schistes et calcaires bitumineux du Jura schaffhousois [53, p. 11].

Les sources et les roches du Mont-Terri n'ont révélé qu'une très faible activité.

La région de Beggingen (Schaffhouse), prospectée sous la conduite de MM. Jakob Hübscher, géologue à Neuhausen et J. P. Portmann, n'a pas présenté plus d'intérêt que celle du Mont-Terri. La plupart des eaux de ces deux régions ont cependant été prises à la source même.

Signalons toutefois quelques mesures intéressantes faites dans les cantons de Bâle et d'Argovie. L'eau du n^{o} 243 (Staffeleggbrunnen), assez fortement radioactive (17 émans) n'a pourtant été prélevée qu'au goulot d'une fontaine. Enfin, la proximité du cristallin près de Laufenburg présente de l'intérêt. Au delà de la frontière, dans les massifs cristallins de la Forêt-Noire (n^{os} 741, 742) et des Vosges (n^{os} 727-730) d'autres auteurs ont d'ailleurs trouvé des eaux très radioactives.

Zone helvétique et Préalpes.

Cette zone qui s'étend du bas Valais au Rheintal saint-gallois (n^{os} 77-80, 229-231, jusqu'à 287-321) ne présente que peu d'intérêt, à l'exception de Champéry, n^{o} 229 (8 émans), Ober Iberg, n^{o} 615 (8 émans) et Elm, n^{o} 608 (9 émans). En France, signalons les eaux d'Evian (n^{o} 720) et d'Aix-les-Bains (n^{o} 723).

Les sels de Radium contenus en solution dans les eaux mères des salines de Bex, n^{o} 93 [59, p. 51], sont intéressants malgré leur faible concentration. Nous avons eu l'occasion de contrôler ce résultat à cinq reprises, aussi bien sur le même échantillon que sur des échantillons différents. Il peut d'ailleurs paraître étrange que les eaux saturées (d'où proviennent les eaux mères) contiennent moins de Radon que les eaux mères elles-mêmes.

Verrucano.

La vallée du Murgtal, étudiée d'après les directives du professeur Freuler [11, p. 232], n'a, contrairement aux suppositions, pas révélé de sources radioactives dans les Dolomies et le Verrucano.

Région des massifs hercyniens.

Nous avons poussé la prospection très à fond dans la région du *haut Valais* où le professeur Wegmann nous a conseillé de travailler quand il eut connaissance des résultats de Lavey-les-Bains, nº 97 [40, p. 20], Saillon, nº 121 et Brigerbad, nºs 98-99-100. Il semblait en effet que le cristallin hercynien qui apparaît dans la région de Martigny et du Rhône supérieur pouvait expliquer l'origine de l'activité des sources de ces régions. Nous avons travaillé dans le haut Valais avec l'électromètre transportable du type Utz-Hirschi. Cette méthode a permis de prospecter cette région très à fond en prélevant la plupart des eaux à la source même. Nous n'avons pas manqué l'occasion de ramener en laboratoire quelques échantillons qui ont permis de contrôler le degré de précision de l'électromètre transportable.

L'échantillon nº 216 de Naters a été prélevé au fond d'un réservoir d'environ 5 m^3 où l'on n'a pas constaté de circulation visible de l'eau. La valeur de 50 émans révèle donc une source très fortement radioactive.

Le haut Valais peut être considéré comme la région la plus active parmi celles prospectées. Le carnet militaire correspondant à cette zone [47] donne des indications sur les couches géologiques traversées par les sources.

Il s'agissait dès lors de savoir si la zone d'activité qui semble suivre la direction du Rhône allait se prolonger au-delà de Martigny pour rejoindre les régions actives de la Savoie, ou suivre le Rhône de Martigny au Léman. Les prospections faites aussi bien dans la région de Champéry-Morgins [59, p. 55] que dans le bas Valais [3; 50] n'apportèrent aucun éclaircissement sur ce point. Une étude du massif hercynien du Mont-Blanc, qui n'a pu être entreprise, donnerait probablement des indications précieuses, comme le prouve la radioactivité des eaux françaises de Saint-Gervais (nº 721) et de La Léchère (nº 724).

Relevons la faible activité des sources de Louèche, qui sont d'origine météorique d'après la composition des gaz en solution, et celles du tunnel du Lötschberg [59, p. 54].

Dans le massif de l'*Aar* et du *Saint-Gothard* relevons les valeurs trouvées à la Handeck, nºs 652, 653 (130 et 150 émans) par Huttenlocher, qui nous ont été aimablement communiquées et qui constituent le maximum enregistré en Suisse. Nous n'avons pas eu l'occasion d'y faire un contrôle, mais Hirschi [23, p. 407], avait déjà constaté cette forte activité.

Les eaux du tunnel du Gothard sont faiblement actives. Cette singularité pourrait s'expliquer, du moins pour certaines sources, par le fait que leurs eaux traversent des alluvions dans la majeure partie de leur parcours souterrain. En effet, un sondage vertical entrepris depuis l'intérieur du tunnel et dirigé de bas en haut, a traversé 40 mètres de roches en place, puis est entré dans les alluvions de la plaine d'Andermatt (250 mètres d'épaisseur). Lors des travaux de construction du tunnel, de très fortes pressions furent rencontrées à l'aplomb de la vallée d'Urseren.

Les eaux analysées dans les *Grisons* ont été prélevées pour la plupart, aux fontaines de villages. Les résultats sont donc des minima. La radioactivité est en général assez forte et une prospection plus serrée mériterait d'être entreprise. Relevons la forte activité bien connue des eaux de Disentis, nº 128 (110 émans). Cette valeur, plus faible que celle donnée dans *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz* [59, p. 89] (170 émans), correspond à celles trouvées par Hirschi (analyses privées non publiées). D'après l'ouvrage précité [59, p. 51], cette source sort du cristallin « Die St.-Placidusquelle tritt nördlich des Hotels Disentiserhof im Val S. Placi aus dem Kristallin des Aarmassiv-Südrandes aus. Der hohe Gehalt des Wassers an Radiumemanation is zweifellos mit den Granitischen Gesteinen (Gneis) des durchflossenen Untergrundes in Beziehung zu bringen ».

Une prospection serrée des eaux de la Tamina, de Haldenstein, Felsberg où affleure le cristallin, n'a pas donné de résultats intéressants.

Les mesures faites sur toute la longueur du massif de l'Aar et du Saint-Gothard montrent que la radioactivité n'est pas répartie de façon homogène. Celles pratiquées dans les tunnels du Lötschberg, du Gothard et dans la Tamina le font nettement ressortir.

Zone pennique.

Les mesures dans les vallées d'Hérens, Binn, Leventina, Blenio, Mesolcina et dans les autres vallées grisonnes de cette zone n'ont montré que de faibles teneurs, à l'exception de San Bernardino, nº 629 (21 émans), Soazza, nº 536 (19 émans) et Faido, nº 561 (35 émans). Ces deux derniers échantillons ont été prélevés à des robinets de fontaines très éloignées des sources. Les eaux de Bognanco, nº 701 (116 émans) en Italie confirment les quelques fortes valeurs trouvées en Suisse.

Zone austroalpine.

Les régions de la haute et moyenne Engadine et celle de Davos présentent peu d'intérêt à part celle du col de la Flüela, nºs 514, 516 (20 et 39 émans). La même zone (Oetztal) semble être plus riche en Autriche.

Zone des roches cristallines d'âge tertiaire (Pegmatites du Tessin et granits du Bergell).

La région locarnaise, connue par ses filons de pegmatites [7; 22; 23, p. 407] a été prospectée très soigneusement. Les sources de Brione, nº 64 (17 émans) et de Solduno, nº 75 (18 émans), sont très radioactives si l'on songe que le premier échantillon a été prélevé à un robinet alimenté par une citerne récoltant des eaux superficielles, et que le deuxième provient du trop-plein d'un réservoir.

Le val Forno n'a pas été suffisamment prospecté pour pouvoir tirer des conclusions précises. Cette région qui va de Locarno au Bergell en passant par Bellinzone, se prolonge en Italie où l'on trouve la source très active de Bormio, nº 700 (800 émans).

District des roches triasiques du pied sud des Alpes.

Deux régions particulièrement intéressantes nous ont été signalées par les géologues: l'extrémité orientale du lac Majeur [53, p. 8; 56, p. 85] avec ses émanations gazeuses, et le San Giorgio [53, p. 3; 56, p. 54].

Nous croyons avoir décelé un fait intéressant en constatant que les gaz s'échappant du lac Majeur sont radioactifs. Dans un rapport géologique inédit relatif à cette étude, Portmann [53, p. 8] dit:

« Une investigation sommaire dans la plaine de Magadino, au sud du Tessin, nous permit de trouver une orientation W-E très nette des points de sortie des gaz.

« Lors des hautes eaux de l'automne 1944, des cartes de ces sorties furent dressées pour le compte de la Swiss Jewel Company à Locarno. A. Werenfels a publié un travail sur ces émanations gazeuses, de composition variable, de débit changeant, qui s'orientent parallèlement à la ligne de dislocation insubrienne.

« Ces gaz ne peuvent être attribué à aucune catégorie typique. Sont-ce les produits de décomposition de matières organiques enfouies sous les alluvions quaternaires (de Quervain et Kundig) ou bien proviennent-ils de dolomies triasiques, bitumineuses, situées en profondeur ? (Werenfels). On retrouve ces dolomies triasiques, bitumineuses, au Passo San Jorio (Val Morobbia), c'est-à-dire sur le parcours de la ligne insubrienne qui traverse le lac Majeur de l'Ouest à l'Est.

« Il faut concevoir cette ligne insubrienne comme une zone de dislocation; et le gaz provenant de la distillation des dolomies bitumineuses, peut très bien arriver en surface grâce aux nombreuses fissures.

« L'orientation W-E de ces points de sortie est frappante et constitue un bon argument contre une relation avec les gaz de marais. »

La radioactivité de ces gaz semble devoir appuyer la théorie de Werenfels. L'expédition au Passo San Jorio que nous avons entreprise pour la confirmer ne nous a malheureu-

sement pas permis de trouver de sources, et les deux échantillons de roches d'activité nulle que nous avons rapportés ne suffisent pas pour l'infirmer.

Dans son rapport géologique sur les travaux effectués au San Giorgio [53, p. 3], Portmann donne entre autres les indications suivantes: « Le Tessin méridional appartient aux Alpes calcaires méridionales ou Dinarides. Les schistes bitumineux se trouvent à la limite de l'Anisien et du Ladinien du Trias alpin. Ceux exploités par la S.A. Miniere-Meride sont des intercalations bitumineuses, atteignant de quelques mm à 1,15 m d'épaisseur. »

Il n'y a que très peu de sources dans la région, mais les échantillons de roches prélevés sur les flancs E et W du San Giorgio ont révélé une forte activité puisque quelques-uns d'entre eux contenaient 50 g U-Th par tonne de roche. D'après Portmann, ces résultats mériteraient d'être confirmés par l'étude de deux autres affleurements des mêmes schistes bitumineux se trouvant dans la carrière au N du village de Campione et sur le chemin Pazzalo-San Salvatore sur le flanc N du synclinal du Salvatore.

Les régions de Cimadera, à l'extrémité E du Val Colla, et d'Arogno [56, p. 65] présentaient de l'intérêt par les roches bitumineuses du Trias, par la proximité du cristallin ancien et par les mines de charbon exploitées durant la guerre. Les rares sources trouvées étaient nettement radioactives et les roches prélevées dans la marne noire des Dolomies imprégnées de bitume contenaient jusqu'à 50 g U-Th par tonne.

A l'extrême sud du Tessin enfin, signalons l'activité suprenante, pour des eaux sulfureuses, des sources de Stabio, nº 127 (27 émans) [59, p. 60]. Les sources autrichiennes provenant des schistes bitumineux du Trias de Seefeld, nº 774 (84 émans) présentent d'ailleurs une très forte activité.

Nos résultats sont complétés au Tessin par ceux de Verda et Emma [62, p. 20] pour les eaux minérales.

2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Après les quelques renseignements et commentaires géologiques qui précèdent, nous chercherons à présenter une interprétation générale de notre travail en consultant les cartes que nous avons dressées avec les résultats de l'analyse des sources.

a) *Radioactivité des sources de la Suisse*

Les 570 sources que nous avons étudiées figurent sur la carte nº I. Certains cercles représentent souvent une série d'analyses faites dans un faible rayon. Nous y avons aussi reporté les 111 résultats du canton de Neuchâtel de Perret et Jaquerod [52] et 56 analyses diverses présentant un intérêt pour l'interprétation de la carte, soit au total 737 sources.

Nussberger dans *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz* [59, p. 7] classe comme sources « radioactives » celles dont la teneur en Emanation dépasse 5 unités mache, soit 18 émans environ. Or, la carte ne contient qu'une quarantaine de points noirs (teneur dépassant 15 émans). D'une manière générale, la radioactivité est faible en Suisse.

La carte fait nettement ressortir les deux grandes zones où la plus forte radioactivité a été décelée: le pied du Jura et les Alpes.

Les sources du Plateau sont en général peu radioactives. Comme exceptions, on peut citer Romanel, Cuarny, les sources du sud du lac de Neuchâtel et Walzenhausen dont l'activité dépasse en général 10 émans.

Dans le Jura, où le 3 % seulement des résultats dépasse 15 émans, la ligne de distribution suit assez régulièrement la séparation du Jura plissé d'avec le Bassin molassique en passant nettement au sud du lac de Neuchâtel. L'activité provient, en général, des couches du Lias supérieur. Il serait toutefois intéressant d'étudier l'origine géologique des sources radioactives du Mormont (région de fractures du Jura). Le Mont-Terri (Jura bernois), où l'on escomptait obtenir des résultats intéressants dans les schistes bitumineux du Lias supérieur, n'a pas révélé de sources notablement actives.

Enfin, le long du Rhin, entre Koblenz et Laufenburg, la proximité du cristallin de la Forêt-Noire explique une activité plus prononcée.

Dans les Alpes, on remarquera la ligne qui suit les cours du Rhin et du Rhône et qui s'arrête en Suisse à Martigny et à Coire. Une ligne moins nette débute à Locarno, passe par Bellinzone et se dirige vers le val Bregalia. Ces deux lignes correspondent aux régions granitiques; les sources les plus actives sont toutes dans les Massifs hercyniens. On s'étonnera cependant des faibles moyennes trouvées dans les tunnels du Gothard et du Lötschberg et près de Haldenstein, Felsberg et la Tamina où le cristallin affleure.

Un troisième district longe la frontière S-E du Tessin caractérisé par le Trias bitumineux.

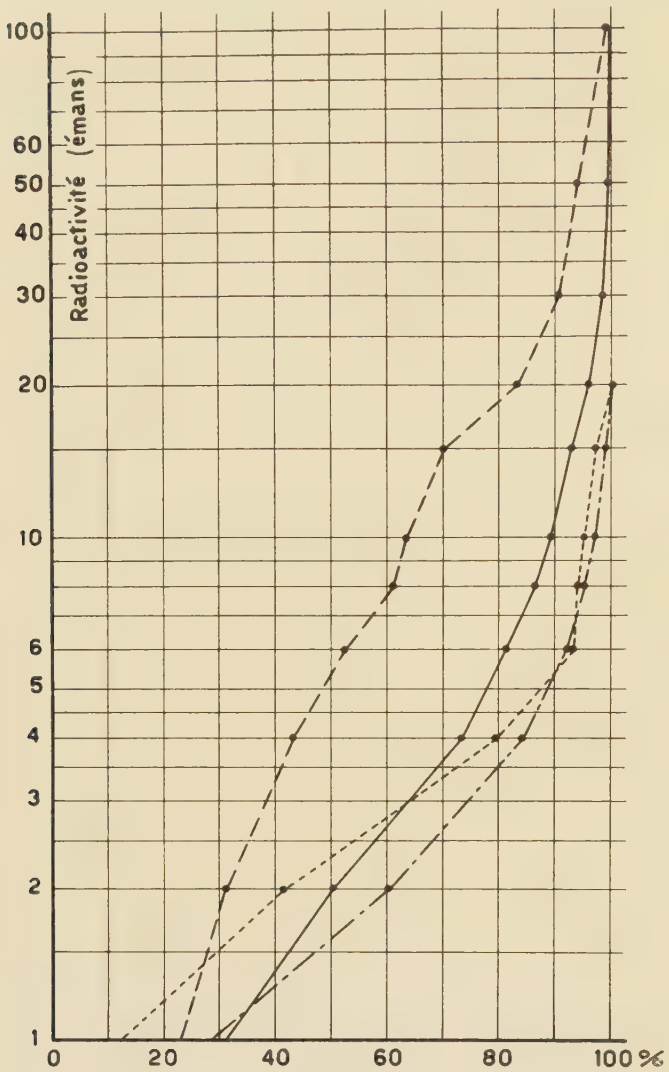


Fig. 3.

Courbes cumulatives.

——— Ensemble de la Suisse
– – – – – – Massifs hercyniens
..... Molasse
–·–·–·–·– Jura

Courbes cumulatives (fig. 3).

Nous avons tracé quatre courbes cumulatives établies avec nos résultats pour la Suisse entière (570 analyses), les Massifs hercyniens (81 analyses), le Jura (120 analyses) et le Bassin molassique (182 analyses).

Pour chaque catégorie, nous avons établi la statistique des sources contenant 0-1; 1-2; 2-4; 4-6; 6-8; 8-10; 10-15; 15-20; 20-30; 30-50; 50-100 et plus de 100 émans en calculant chaque fois le pourcentage total correspondant. Nous reportons le pourcentage en abcisse et l'activité (échelle logarithmique) en ordonnée. Ces courbes sont simples à interpréter et permettent d'utiles comparaisons. On lit par exemple très facilement le pourcentage des sources valant de 10 à 20 émans dans les Massifs hercyniens (10 émans correspondent à 63 %, 20 émans à 83 %, donc 20 % des sources des Massifs hercyniens contiennent entre 10 et 20 émans). Ces courbes montrent entre autres:

1. La forte radioactivité des Massifs hercyniens comparée à celle de la Suisse en général. Le 6 % seulement des sources suisses sont des sources « radioactives » (18 émans et plus) alors que dans les Massifs hercyniens le 22 % atteint ou dépasse 18 émans. Le 50 % des sources suisses valent de 0 à 2 émans, tandis que le 50 % de celles des Massifs hercyniens sont comprises entre 0 et 5,5 émans.

2. Les sources du Jura et de la Molasse sont moins radioactives que dans le reste du pays (Alpes). Au-dessous de 3 émans pourtant, celles de la Molasse sont plus radioactives qu'en Suisse en général. Dans chaque catégorie les sources « radioactives » ne représentent que le 1 %.

3. Les eaux de la Molasse sont plus actives que celles du Jura particulièrement pour des teneurs plus faibles que 5 émans.

Teneur en CO_2 (fig. 4).

Le gaz carbonique, qui se présente en forte proportion dans certaines sources, est considéré par quelques auteurs comme provenant de masses granitiques profondes à leur dernier stade de transformation, celui qui correspond à l'émission de vapeurs. La présence de minéraux radioactifs est souvent liée à ces émissions. De forts dégagements de gaz carbonique ainsi que la présence de ces minéraux radioactifs pourraient éventuellement

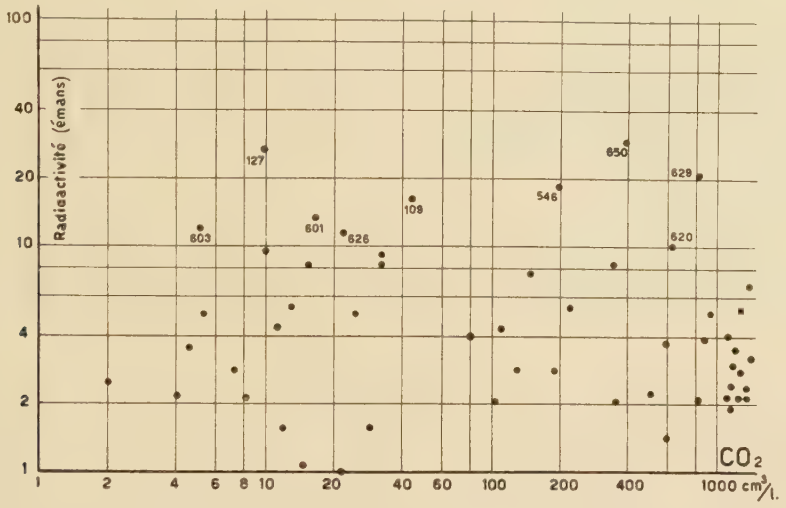


Fig. 4.

Recherche d'une relation entre la radioactivité et le gaz carbonique dissous.
Les numéros se rapportent à la nomenclature des sources.

parler en faveur d'une origine juvénile de ces eaux, du moins en partie. Ceci serait important pour la suite des recherches concernant la distribution de la radioactivité en Suisse, car on pourrait peut-être trancher la question de l'origine de cette radioactivité qui pourrait être:

1. Une origine juvénile.

2. Une origine secondaire par lessivage de minéraux radioactifs par des eaux météoriques. Ces minéraux pourraient être contenus soit dans les roches cristallines, soit dans les schistes bitumineux.

Pour rechercher une proportionnalité éventuelle entre le gaz carbonique dissous et la radioactivité, nous avons reporté sur un graphique logarithmique (fig. 4) la teneur en CO_2 en abcisse, et la radioactivité en ordonnée (valeurs tirées de *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz* [59]). La dispersion des points ne semble pas permettre de croire à l'existence de la relation supposée.

b) *Radioactivité des sources de la Suisse et des régions limitrophes*

Nous avons reporté sur la carte II les sources de la carte I dont la teneur dépasse 10 émans et celles des pays limitrophes trouvées dans la bibliographie [9, p. 43; 10; 12, p. 90; 33, p. 41-56; 43].

On remarque d'emblée qu'une partie des sources françaises et allemandes bordant notre pays sortent du cristallin ou de son voisinage immédiat. En Italie, où nous trouvons peu de sources dans la plaine du Pô, signalons celle de Bognanco près de Domodossola, n° 701 (116 émans) et celle de Bormio dans la Valtellina, n° 700 (800 émans) (zone du Bergell-Locarno), très près des régions radioactives de la Suisse. Au Tyrol, enfin, les sources sont très actives et, d'après Krüse [33, p. 41-56], proviennent de régions granitiques (Augengneiss et Granitgneiss) et des schistes bitumineux du Trias (Seefeld). Cette étude montre que le 17 % des 905 sources étudiées dépassent 18 émans, 16 d'entre elles valant plus de 110 émans.

La carte II fait ressortir la faible activité des sources suisses comparée à celle des régions limitrophes et confirme nos résultats. On comparera la Savoie à l'ouest et le Tyrol à l'est (vallée de l'Inn). La zone Locarno-Bellinzone-Bergell semble continuer en suivant approximativement la ligne de dislocation insubrienne pour rejoindre la région très active du Tyrol méridional.

Au sud, la radioactivité des sources d'Abano, dans la plaine du Pô, dépend d'un volcanisme à peine éteint. Les sources radioactives italiennes se trouvent dans une région plus méridionale. Signalons celle de Lurisia (Cuneo), n° 711, la source la plus active d'Europe avec 11.500 émans environ.

Quant au Jura, la zone qui se trouve à son pied et la marge du district cristallin de la Forêt-Noire convergent l'une vers l'autre. Au-delà, on ne rencontre plus que le Jura tabulaire. La très faible activité des sources de cette région (n^{os} 25-32) trouve ainsi son explication.

CHAPITRE V

CONCLUSIONS

D'une façon générale, la radioactivité est faible en Suisse. Les résultats acquis par l'étude des sources, confirmés par l'analyse des roches et des gaz, donnent une vue assez nette de la répartition en Suisse de la radioactivité due à l'Uranium. Il est en particulier difficile de penser qu'un gisement tant soit peu important de cet élément ait échappé à la présente investigation.

Si cependant on pouvait entrevoir l'exploitation de roches très pauvres en Uranium, les régions à envisager seraient: le centre du Massif hercynien, soit les hautes vallées du Rhône et de l'Aar; le Tessin avec ses schistes bitumineux; peut-être enfin les Grisons.

Les zones de radioactivité que nous avons décelées se prolongent assez nettement dans les pays voisins, ce qui confirme nos résultats.

Si le Jura et le Bassin molassique ne présentent pas d'intérêt, la ligne qui les sépare est, au contraire, ponctuée de sources radioactives. Il reste à expliquer cette constatation car l'origine de ces eaux ne semble pas toujours être dans les couches bitumineuses.

La région alpestre est la seule importante en Suisse et plus particulièrement les Massifs hercyniens et les Alpes calcaires méridionales. La radioactivité des eaux y est généralement due aux granits, gneiss, pegmatites, comme c'est le cas dans le Tyrol, et aux schistes bitumineux du Trias.

Neuchâtel, octobre 1952.

BIBLIOGRAPHIE

1. Alder, F., Baldinger, E., Huber, P., Metzger, F. Über die Ausbildung der Entladung in Zählrohren mit Alkoholdampfzusatz, *Helv. Phys. Acta*, *20*, 73, 1947.
2. Althaus, H. E. Die öhlführende Molasse zwischen Genfer- und Neuenburger See. — Über geologische Untersuchungen im Gebiet der öhlführenden Molasse im Kanton Genf, Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, I. Teil, *Beitr. zur Geol. der Schweiz*, Geotech. Serie, Liefer. 26, Teil 1, 1947.
3. Badoux, H. Rapport géologique et minier sur les recherches de charbon dans le vallon de Verne s/Vouvry. Mines de Combres et du plan de l'Ortie, Office de guerre pour l'industrie et le travail. Bureau des mines, juillet 1943.
4. Bodmer, H. Untersuchungen über die biologische Wirkung kleiner radioaktiver Emanationsmengen in der Bodenluft im Gebiet von Orselina oberhalb Locarno, *Schweiz. Med. Wschr. 66*, 17, 409, 1936.
5. von dem Borne, G. *Jahrb. der Radioak. u. Elek.*, *2*, 142, 1905.
6. Brunner, H., Chavannes, S. Tiré de « A travers le Gros de Vaud », éd. Borgeaud, 1893.
7. Burford, J.-A., Les formations cristallines de la région luganaise, *Bull. suisse de Min. et Petrog.*, *20*, 253, 1940.
8. Curie, M^me^ P. Radioactivité, éd. Hermann, Paris, 1935.
9. Duhot, E. Les eaux minérales et l'organisme humain, éd. Presses universitaires de France, Paris, 1946.
10. Farneti, P. Idrologica medica e terapia fisica, éd. Licinio, Cappelli, Bologna, 1946.
11. Freuler, G. Geologische Untersuchungen im Mürtchengruppe, Inauguraldissertation, p. 232, Zürich, 1925.
12. Gockel, A. Die Radioaktivität von Boden und Quellen, éd. Friedr. Vieweg, Braunschweig, 1914.
13. Goodmann, C. The Science and Engineering of Nuclear Power, Pub. by Addison-Wesley Press Inc. Cambridge 42, Mass., 1947.
14. Gygax, G. Pierres qui brûlent, l'*Illustré*, n° 3, p. 10, 1949.
15. Herter, Chs. Rapport sur les sources et la distribution d'eau potable alimentant le village. — Commune de Cuarny, janvier 1946, inédit.
16. Hirschi, H. Radioaktivität einiger Schweizergesteine, *Vierteljahresschrift d. Naturf. Ges.*, *65*, 210, Zürich, 1920.
17. —— Radioaktivität einiger Schweizergesteine, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *1*, 54 et 310, 1921.
18. —— Ein Pechblendevorkommen in der Schweiz, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *4*, 368, 1924.
19. —— Radioaktivität der Intrusivgesteine des Aarmassivs, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *7*, 1, 1927.
20. —— Radioaktivität der wichtigsten Granitmassen des Gotthardmassivs, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *8*, 318, 1928.
21. —— Radioaktivität des Abtal- und Schlossberg-Granits des südlichen Schwarzwaldes, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *8*, 322, 1928.
22. —— Radioaktive Gesteinszone von Orselina (Tessin), *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *17*, 179, 1937.
23. —— Die Bedeutung der radioaktiven Strahlung für Balneologie und Klimatologie, *Schweiz. Med. Wschr.*, *68*, 403, 1938.
24. —— Radioaktive Messungen in bezug auf Uranlagerstätten, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *26*, 28, 1946.
25. —— Radioaktivität und ihre Erscheinungen am Mittagfluhgranit, eine randliche Intrusion im Aaremassiv bei Guttannen, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *28*, 509, 1948.
26. Hugi, E. und Hirschi, H. Die metamorphen, erzführenden, radioaktiven Gesteine von Feldbach (Binnental), *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *18*, 12, 1938.
27. Israël, H. Zur Methodik der klimatologischen Emanationsmessungen, *Der Balneologe*, *1*, 318, 1934.
28. Joly, J. *Phil. Mag.*, *23*, 207, 1912.
29. *Journal Phys. et Ra. 2*, 7, 280, 1931.
30. Kelterborn, P. Geologischen Bericht über die bituminösen Liasschiefer der Mont Terri-Antiklinale, Prêt du Bureau für Bergbau, Bern, 1943.
31. —— Beobachtungen im Mont Terri-Gebiet zwischen Courgenay und Asuel (Berner Jura), *Ecl. Geol. Helv.*, *37*, 207, 1944.

32. Kelterborn, P. Ölgeologische Untersuchungen im Molassgebiet süd. Wangen und Aare — Aarburg — Die Erdölführende im Molassgebiet von Aarau und Umgebung, Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, *Beitr. zur Geol. der Schweiz*, Geotech. Serie, Liefer. *26*, Teil 2, 1948.
33. Kruse, K. Beiträge zur Kenntnis der Radioaktivität der Mineralquellen Tirols, *Jahrb. geol. Bundesanst.*, *87*, 41, 1937.
34. Laboratoire chimique cantonal de Coire. Analyses des sources de Disentis, 1947, inédit.
35. Lagotala, H. Les Gîtes bitumineux de Dardagny (Genève), éd. Sté gén. d'imprimerie, 1935.
36. —— Région Morges-Yverdon-Estavayer-Lucens, Résumé de nos connaissances, Rapports généraux de la Commission d'experts pour les recherches de pétrole en Suisse, *Arch. Comm. géotechnique suisse*, sept. 1937.
37. —— Quelques résultats du sondage de Peissy à Genève. Sédimentation et bituminisation, *C. R. Soc. phys. et hist. nat.*, Genève, *64*, 73, 1947.
38. —— Les roches bitumineuses de Peissy (Genève), *Le Globe*, Soc. géogr., Genève, *87*, 1948.
39. Leprince-Ringuet, L. Rayons cosmiques (III), *Act. Sc. et Ind.*, *153*, éd. Hermann, Paris, 1934.
40. Lugeon, M., Argand, E. Notice explicative de l'Atlas géologique de la Suisse, nº 485, Saxon-Morcles, éd. A. Francke S.A., Berne, 1937.
41. Mache, H. Über die Entstehung radioaktiver Quellen, *Mitt. des Alpenländischen geologischen Vereines (Mitt. der Geol. Ges. in Wien)*, *34*, 69, 1941.
42. de Ment, J., Dake, H. C. Uranium and Atomic Power, éd. Chemical Publishing Co., Inc., Brooklyn, New-York, 1945.
43. Messini, M., Meccoli, V. Clinica e terapia idrologica, éd. Vallechi, Firenze, 1940.
44. Mittelholzer, A. E. Beitrag zur Kenntnis der Metamorphose in der Tessiner-Wurzelzone mit besonderer Berücksichtigung des Castionezuges, *Schweiz. Min. und Petr. Mitt.*, *16*, 19, 1936.
45. Mollet, H., Waibel, A. Etude sur les eaux potables des places d'armes. — B. Places d'armes de la Suisse romande et leur rayon, publié par le Service de santé du Dép. Mil. Féd., 1921.
46. Mollet, H. Wasserversorgung, Jura A., Herausgegeben vom Oberfeldarzt, Document du Dép. Mil. Féd., 1940.
47. Mollet, H., Bearth, P., Jakob, J., Schmid, K., Tschachtli, B. Wasserversorgung im Kanton Wallis (deutscher Kantonsteil), Herausgegeben vom Oberfeldarzt, Document du Dép. Mil. Féd., 1940.
48. Mollet, H. Wasserversorgung, Jura B., Herausgegeben vom Oberfeldarzt, Document du Dép. Mil. Féd., 1941.
49. Muhlhoff, W. Aktivität von Kalium und Rubidium gemessen mit dem Eltronenzählrohr, *Ann. der Phys.*, *7*, 205, 1930.
50. Nabholz, W. Rapport géologique sur une inspection exécutée en commun avec M. Germain Dubuis, de Sion, le 24 octobre 1942 de l'affleurement de charbon près « Blancsex », au-dessus de Vouvry (Bas-Valais), Rapport nº 8a, janvier 1943, inédit.
51. Oppliger, W. Zur Kenntnis der Methoden zur quantitativen Bestimmung des Urans, Inauguraldissertation, Basel 1948, *Helv. Chimica Acta*, *33*, 1950.
52. Perret, H., Jaquerod, A. Recherches sur la radioactivité des eaux neuchâteloises et seelandaises, *Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève, *45*, 277, 1918.
53. Portmann, J.-P. Rapport géologique sommaire sur les roches prélevées durant l'été 1946 sous la direction de M. le professeur Jaquerod et pour le compte de la S.K.A., Commission suisse pour l'étude de l'énergie atomique, 1947, inédit.
54. de Quervain, F. Pegmatitbildungen von Valle della Madonna bei Brissago, *Mitt. Naturwiss. Ges.*, Thun, *3*, 10, 1932.
55. Rankama, K., Sahama, Th. G. Geochemistry, éd. The University of Chicago Press, 1950.
56. Rickenbach, E. Vorkommen von bituminösen Schiefern — Asphaltvorkommen — Erdgasvorkommen, Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, *Beitr. zur Geol. der Schweiz*, Geotech. Serie, *26*, Teil I, 1947.
57. Rossi, B. Rayons cosmiques (IV), *Act. Sc. et Ind.*, *248*, éd. Hermann, Paris, 1935.
58. Schmid, C., Braun, L. Die Bohrung von Buix bei Pruntrut und Allschwil bei Basel, *Beitr. zur Geol. der Schweiz*, Geotech., Serie, *10*, 1924.
59. Schweizerischen Verein analytischer Chemiker dem Eidgenössischen Gesundheitsamt und der Schweizerischen Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie, Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz, éd. Zimmermann A.G., Bern, 1937.
60. Stier, K. Über das Vorkommen des Urans in Schweizerischen Sedimentgesteinen, Inauguraldissertation, Basel, 1948, *Helv. Chimica Acta*, *33*, 25, 1950.
61. Thibaud, J. Quelques techniques actuelles en physique nucléaire, éd. Gauthier-Villars, Paris, 1938.
62. Verda, A., Emma, U. Ricerche di radioattività (emanazione) su alcune acque minerali della svizzera italiana, *Boll. della soc. tic. di Sc. nat.*, *44*, 20, 1949.

TABLE DES MATIÈRES

Page

Résumé 253

Avant-propos 253

Introduction 256

Chapitre premier: *Point de vue géologique* 257

Chapitre II: *Méthodes et appareillage* 260

1. Radioactivité des sources 260
Prélèvement des eaux 260
a) Méthode du compteur de Geiger-Müller 260
b) Méthode électrométrique 261
Appareillage 262
Manipulation 262
Etalonnage 264
Sels en solution 264

2. Radioactivité des roches 265
a) Méthode de la chambre d'ionisation 265
b) Méthode du Compteur de Geiger-Müller 265
Appareillage 266
Influence du Potassium 267
Etalonnage et manipulation 269

3. Radioactivité des gaz 271

Chapitre III: *Résultats* 273

a) Tableaux:

1. Radioactivité des sources 273
2. Radioactivité des roches en Suisse 273
3. Radioactivité de l'air et des gaz en Suisse 273

b) Cartes géographiques 273

Tableaux:

I. Radioactivité des sources en Suisse 274
II. Index des sources 287
III. Sources suisses analysées par d'autres auteurs 299
IV. Sources étrangères 301
V. Radioactivité des roches en Suisse 302
VI. Radioactivité de l'air et des gaz en Suisse 305

Chapitre IV: *Prospection — Interprétation des résultats* 307

1. Prospection 307
Pays molassique et pied du Jura 307
Région du cours transversal de l'Aar 308
Molasse subalpine 308
Jura 308
Zone helvétique et Préalpes 308
Verrucano 309
Région des massifs hercyniens 309

Page

Zone penninique 310
Zone austroalpine 310
Zone des roches cristallines d'âge tertiaire 310
District des roches triasiques du pied sud des Alpes 310

2. Interprétation des résultats 311

a) Radioactivité des sources de la Suisse 311
Courbes cumulatives 312
Teneur en CO_2 313

b) Radioactivité des sources de la Suisse et des régions limitrophes 313

Chapitre V: *Conclusions* 315

Bibliographie 316